Hartmann, Carl

Handbuch über den Bau, die Aufstellung, Behandlung der Dampfmaschinen Nach den französ. Werken von Grourelle, Jaunez u. Jullieu bearbeitet von Carl Hartmann
Bd.: 1

Weimar 1852

Handbuch

über den

Bau, die Aufstellung, Behandlung, Bedienung, Heizung, Abwartung und Conservirung

der

Dampfmaschinen.

Für Maschinenbauer, Maschinenbesitzer, Maschinenbeamte, Maschinenwärter 2c.

Nach

den französischen Werken von Grouvelle und Jaunez und von Jullien sowie nach andern guten Hülfsmitteln bearbeitet

von

Carl Hartmann.

In zwei Theilen.

Mit einem Atlas von 42 lithograph. Planotafeln.

Zweite ergänzte, um $8\frac{1}{2}$ Bogen Text und 3 Tafeln vermehrte, um 3 Thlr. wohlfeilere Ausgabe.

Erster Theil.

Mit 18 Planotafeln.

(Einzeln kostet jeder der beiden Theile jetzt nur 3 Thlr.)

Weimar, 1852.

Verlag, Druck und Lithographie von B. Fr. Voigt.

Vorwort.

Unter den Werken über Dampfmaschinen, die unsere Literatur besitzt, und von denen eins der ausgezeichnetsten die Bände 69 (zweite Auflage), 70 (zweite Auflage), 71 und 100 des Schauplatzes bilden, nämlich die Dampfmaschinenkunde von Verdam, fehlte es bis jetzt doch immer noch an einem solchen, wie dies vorliegende, welches den Bedürfnissen des eigentlichen Technikers genügt.

Wir legten demselben ein Werk zu Grunde, welches seit Jahren in den Händen aller französischen Techniker ist und bereits 1845 in einer dritten Auflage erschien, nämlich:

Guide du chauffeur et du propriétaire des machines à vapeur, ou essai sur l'établissement, la conduite et l'entretien des machines à vapeur etc. Par M. M. Grouvelle et Jaunez, Ingénieurs civiles.

Dann benutzten wir hauptsächlich ein anderes wichtiges französisches Werk, nämlich:

Traité des machines à vapeur. Deuxième section: Construction des machines à vapeur, comprenant l'examen technique des matériaux de construction, la composition, exécution, et les devis de ces machines pour toutes les espèces, tous les genres et tous les systèmes connus depuis les plus petites forces jusqu'aux plus grandes; par C. E. Jullien, Ingénieur de l'atelier de construction du Creusot.

Erster Band, in Quart, mit sehr vielen Tafeln und Holzschnitten. Paris, 1846 bis 1849.

Ein nicht unwesentlicher Theil des Werkes sind die sehr genauen Abbildungen von wirklich ausgeführten Dampfmaschinen, wobei wir besonders, außer den beiden obigen Werken, benutzten:

Sammlungen von Zeichnungen einiger ausgeführten Dampfkessel und Dampfmaschinen nebst Beschreibung derselben. Auf Veranlassung der königlich technischen Deputation für Gewerbe bearbeitet von W. Nottebohm. Berlin, 1841.

Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen. 1846.

Verhandlungen des Gewerbevereins für das Großherzogthum Hessen. 1847.

Außerdem sind auch noch folgende neuere Hülfsmittel mehr oder weniger zu Rathe gezogen:

Bernoulli, Handbuch der Dampfmaschinenlehre. Dritte Auflage. Stuttgart, 1847.

Scholl, Führer des Maschinisten. Braunschweig, 1845. Zweite Auflage, 1848.

Rößler, Sammlung technischer Hülfsmittel. 3 Bände. Darmstadt, 1846 und 1847.

Armengaud, Publication industrielle etc. Bis jetzt 7 Bände.

Der Ingenieur, herausgegeben von dem Verfasser dieses Werks.

Diese zweite Ausgabe ist durch das wichtigste Neue im Dampfmaschinenwesen ergänzt, und das Werk auf den jetzigen Standpunct vorwärts geführt.

C. Hartmann.

Inhaltsverzeichniß.

Zweiter Abschnitt.

Unfälle, die bei einem jeden der Maschinentheile vorkommen können, ihre Symptome und die Mittel zu ihrer Abhülfe.

Dritter Abschnitt.

Von dem Baue der wichtigsten einzelnen Theile der Dampfmaschinen und von deren bester Construction.

Einleitung.

Das Werk, welches wir hier vorlegen, ist ein practisches Handbuch, bestimmt für Gewerbtreibende, welche Dampfmaschinen gebrauchen oder sie gebrauchen wollen, sowie für Arbeiter, die mit ihrer Wartung und Beaufsichtigung beschäftigt sind. Haben wir den vorgesteckten Zweck erreicht, den wir mit der Herausgabe des Werks zu verbinden uns bestrebten, so wird man in demselben die besten Mittel, diese Maschinen in gutem Stande zu erhalten, die Vorfälle, denen sie unterworfen sind, zu erkennen und sie rasch wiederherzustellen, mit ihnen den größten Nutzeffect zu erreichen, dessen sie fähig sind, und zwar mit den geringsten Kosten für den Unterhalt und das Brennmaterial, sowie endlich zu gleicher Zeit bei dem besten Betriebe, vereinigt und entwickelt finden. Kurz, der Leser wird in dem Werke auf eine einfache, aber zugleich sehr in's Einzelne gehende Weise, die practischen Erfahrungsresultate finden, welche wir und Andere bei der Aufstellung und Leitung der Dampfmaschinen, sowie bei der Leitung von Dampfmaschinenbau = Werkstätten, erlangt haben.

Wir dürfen hoffen, daß dieses Werk einen wahrhaften Nutzen stiften werde; denn es ist wirklich mitten in den Werkstätten geschrieben worden, behandelt nur wichtige Puncte und ist so abgefaßt, daß es von einem Jeden gelesen und verstanden werden kann. Es ist dies nicht immer bei Werken dieser Art der Fall, weil die Schriftsteller gewöhnlich die Werkstätten nicht kennen, und weil die eigentlichen Practiker gewöhnlich erst dann schreiben, wenn sie sich aus dem practischen Leben zurückgezogen haben, und wenn sie mit den täglich fortschreitenden Gewerben schon nicht mehr so genau bekannt sind.

Alle Gewerbtreibenden, die sich mit den Dampfmaschinen aufmerksam beschäftigt haben, werden, ohne Zweifel, sowie wir, gefunden haben, daß, wenn sie gut construirt und aufgestellt sind, der Haushalt ihres Verbrauchs und ihrer Unterhaltungskosten, sowie die Regelmäßigkeit und die Größe des Nutzeffects, von der Art und Weise abhängen, wie sie geleitet und gewartet werden. Wirklich ist die vollkommenste Maschine, wenn sie schlecht abgewartet wird, eine Quelle fortwährender Verluste, und kann in wenigen Monaten unbrauchbar gemacht werden. Die geringste Unordnung in der Vereinigung der Stücke, welche neue Reibungen, Erschütterungen und eine schnelle Abnutzung veranlaßt, oder welche Luft in den Cylinder und in den Condensator dringen läßt, nimmt sehr rasch zu, so daß zuweilen der Kohlenverbrauch, die stärkste Ausgabe für die Maschine, verdoppelt wird. Ein Jeder wird auch die Bemerkung machen müssen, daß fast alle nachtheiligen Vorfälle von einer zu geringen Sorgfalt des Heizers herrühren, und folglich von der zu schlechten Beaufsichtigung und zu geringen Erfahrung der Besitzer. Manche von solchen Vorfällen veranlassen Nachtheile, die sich gar nicht wieder heben

lassen, wenn man den gemachten Fehlern nicht sehr rasch abhilft.

So rühren von diesen geringen und leicht zu vermeidenden Ursachen fast stets die häufigen Reparatur- und Unterhaltungskosten her, sowie auch der häufige Stillstand, welcher so nachtheilige Folgen hat, und alles dies veranlaßt Klagen und Beschuldigungen gegen die Dampfmaschinen, welches lange Zeit hindurch viele Gewerbtreibende veranlaßt hat, die Dampfmaschinen als Triebkräfte zu vermeiden, da sie die falsche Ueberzeugung hatten, daß ihre Leistungen ebenso kostbar, als unsicher seien. Nun ist es aber ein großer Uebelstand, täglich den ungleichen Leistungen und den Unterbrechungen einer Triebkraft unterworfen zu sein, da die Constanz und die Regelmäßigkeit der Arbeit zu den ersten Dingen gehören, worauf man in einer Fabrik zu sehen hat, und da kein Verlust so bedeutend ist, als der der Zeit.

Die Nothwendigkeit einer regelmäßigen Leistung ist so unbedingt, daß man den Watt'schen Niederdruckmaschinen oft den Vorzug vor den Woolf'schen mit mittlerm Druck gegeben hat, ohnerachtet der bedeutenden Brennmaterialersparung, welche die letztern darbieten; die genauere Wartung, welche sie erfordern, die häufigern Vorfälle bei ihnen und der daraus hervorgehende Zeitverlust schien vielen Gewerbtreibenden eine Brennmaterialersparung zu ersetzen, welche ungefähr die Hälfte beträgt, die aber eine schlechte Wartung fast auf Nichts vermindern kann.

Wir werden weiter unten eine practische Vergleichung beider Systeme von Maschinen finden. Hier ist die Bemerkung hinreichend, daß fast alle Nachtheile der Woolf'schen Maschinen davon herrühren, daß sie schlecht abgewartet werden; und obgleich sie

weit schwieriger zu leiten sind, als die Watt'schen Maschinen, obgleich sie eine sorgfältige Wartung und eine scharfe Beaufsichtigung erfordern, so gewähren sie aber auch wenigstens $\frac{2}{5}$ an Brennmaterialersparung gegen die letztern, und dann auch die für eine Fabrik so unerläßliche Regelmäßigkeit der Leistungen.

Nun ist eine genaue Beaufsichtigung der Woolf'schen und ähnlicher Maschinen durchaus keine leichte Sache; den Fabricanten fehlt es oft an Zeit, wie an Kenntnissen und Erfahrungen zu solch' einer genauen Beaufsichtigung, und häufig müssen sie ihre Maschine Heizern und Wärtern überlassen, die ebensowenig unterrichtet, als überhaupt tauglich sind. Wir glauben daher, diesen Gewerbtreibenden einen Dienst zu erweisen, wenn wir ihnen die Kennzeichen auseinandersetzen, an denen sie die Mängel einer Maschine erkennen können, indem wir ihnen den leichten und kurzen Weg zeigen, den sie stets befolgen müssen, um sich täglich Rechenschaft von den Kosten und den Leistungen ihrer Maschinen zu verschaffen. Endlich wollen wir auch den Heizern und Maschinenwärtern zeigen, was sie hauptsächlich zu thun haben, damit die Maschine fortwährend ihre ganze Kraft entwickele, und daß sich keine nachtheiligen Vorfälle bei ihrem Getriebe ereignen.

Diejenigen Gewerbtreibenden, welche Dampfmaschinen benutzen, müssen sich genau von der Wahrheit überzeugen, daß der Brennmaterialienverbrauch bei den Maschinen über 6—8 Pferdekräften wenigstens $\frac{2}{3}$ von der täglichen Ausgabe beträgt, und daß ihre ganze Sorgfalt, ihre ganze Aufsicht dahin gerichtet sein muß, diesen Brennmaterialienverbrauch zu vermindern. Sie müssen sich ferner von der Wahrheit überzeugen, daß der geringste Mangel bei der Maschine, die kleinste Unordnung, ihre Leistun-

gen vermindert und unmittelbar, ohne irgend einen Nutzen und in einem sehr starken Verhältnisse, diesen Brennmaterialverbrauch vermehrt. Es dürfen folglich unter durchaus keinem Vorwande Reparaturen oder Einzelnheiten der Unterhaltung aufgeschoben werden. Wir wollen gar nicht von den oft sehr bedeutenden Vorfällen reden, denen man sich durch solche Zögerungen aussetzt. Wir sahen, daß die Brennmaterialienmenge, welche eine Maschine erforderte, um mehr, als $\frac{1}{4}$ dadurch vermindert wurde, daß man einige Oeffnungen verschloß, durch welche die Luft eindrang, und welche daher eine vollständige Luftleere in dem Cylinder und in dem Condensator verhinderten.

Gewerbtreibende, welche durch ihre Beaufsichtigung die Mängel einer Maschine entdecken, die Mittel zu ihrer Abhülfe aber nicht kennen, befinden sich in der peinlichen Nothwendigkeit, sich blind ihren theuer bezahlten Heizern oder Maschinenwärtern zu überlassen, welche ihre Dienste um so geltender machen werden, jemehr man derselben bedarf, oder von fernher mit großen Kosten und mit großem Aufenthalte Maschinisten kommen zu lassen, die bei einer oberflächlichen Untersuchung nicht einmal im Stande sind, alle Fehler und Mängel zu erkennen und ihnen abzuhelfen. Der Zweck des vorliegenden Werkes ist es, daß die Gewerbtreibenden diese traurige Alternative vermeiden können und in den Stand gesetzt werden, ihre Maschinenwärter und Heizer selbst zu leiten, und daß sie gar keine fremde und entfernte Hülfe nöthig haben, als in dem Falle, wenn bedeutende Brüche vorfallen. Sie brauchen nicht selbst Mechaniker zu sein; allein sie müssen die Werkzeuge und die Arbeiten kennen, und dürfen sich nie einseitig auf ihre Arbeiter verlassen, weil hier, wie überall, das Auge des Herrn nöthig ist.

Die unerläßlichen Lehren zur Erreichung dieses Zwecks finden sich bis jetzt in keinem Werk aufgezeichnet; denn die von den Dampfmaschinen handelnden sagen gar nichts wahrhaft Nützliches über diesen Gegenstand. Um diese Lücke auszufüllen, haben wir bis in die geringsten Einzelnheiten die Wartung auseinanderzusetzen gesucht, welche eine Dampfmaschine erfordert, wenn sie in einem regelmäßigen Gange sein soll; wir haben ihre Krankheiten, deren Symptome und die dagegen anzuwendenden Mittel nachzuweisen versucht. Unser Buch ist keine Compilation, man findet darin keine schon bekannte Beobachtung, sondern das, was wir uns als ein besonderes Verdienst anrechnen wollen, besteht darin, daß ein Jeder, welcher den Gang der Maschinen verfolgt hat, in demselben eine Menge von practischen Einzelnheiten und viele Beobachtungen finden wird, die man nur nach und nach mit vieler Mühe in den Werkstätten erwerben kann; und so gewöhnlich diese Kenntnisse auch erscheinen könnten, so muß man doch zu ihrer Erreichung den guten Rath der Erfahrung theuer bezahlen. Wenn diese practischen Resultate, diese für die Werkstätten so wichtigen Details sich in keinem Buche finden, wenn kein Autor sich mit ihrer Bekanntmachung beschäftigt hat, so rührt das daher, weil die Einen weder Zeit oder Geschmack zu einer solchen Arbeit gehabt haben, oder weil sie ihre Erfahrungen für sich behalten wollen, während die Andern Kenntnisse, welche soweit unter der Wissenschaft stehen, entweder gar nicht haben, oder sie nicht zu würdigen wissen. Diese Letztern, welche sich geneigt und sicher genug fühlen, um den Gewerbtreibenden Rath zu ertheilen, glauben vorwärts schreiten zu können, ohne sich auf irgend ein Studium der Künste zu stützen, welche sie lehren; sie wollen die zu machenden Fortschritte angeben, ohne weder deren Quel-

len, noch deren Bedürfnisse zu kennen. Ehe man aber besser machen kann, muß man machen und gut machen können. Es muß die genaue und gründliche Beschreibung bekannter Thatsachen einer Auseinandersetzung der Entwürfe zu Verbesserungen und Systemen vorangehen, indem man sonst nicht weiß, was man suchen soll, und auch den Weg nicht kennt, auf dem man finden kann.

Auf einer andern Seite sind die meisten Schriften von Männern, welche Handbücher über Künste und Handwerke herausgeben und in denselben zahlreiche Verbesserungen vorschlagen, ohne selbst practische und gute Kenntnisse in denselben zu besitzen, sowie auch die, deren besonderer Gegenstand die Entwickelung hoher Theorieen ist, nur für wenige Menschen verständlich und brauchbar. Fast die ganze Masse der Gewerbtreibenden, d. h., die Unternehmer kleiner Fabrikanstalten und die Handwerker, sind daher dieses wichtigen Belehrungsmittels beraubt, während sehr viele Werke sich unbemerkt über ihren Köpfen kreuzen. So sind denn mehr, als ¾ civilisirter Menschen der progressiven Erfahrung ihrer Vorfahren beraubt und durch den engen Kreis ihrer gewöhnlichen Arbeiten auf eine Empirie oder Gewohnheit beschränkt, welches jedes Individuum nöthigt, wieder von Vorn seine Erfahrungserziehung zu beginnen, statt in Schriften alle schon über dieses oder jenes Gewerbe gemachten Erfahrungen gesammelt zu finden, so daß er im Stande wäre, alles darüber Bekannte schon von vornherein kennen zu lernen.

Alle unter dem Volke verbreiteten Kenntnisse, jedes practisch-nützliche Werk, welches an diese Millionen Menschen gerichtet ist, die das tiefe Bedürfniß nach Belehrung fühlen, ist, wenn sie es lesen und verstehen können, von dem größten Nutzen und führt sie einen Schritt weiter zu der wahren Freiheit. Es ist ein Mittel, daß die in dem Volke be-

findlichen Talente, die dort in einem mindestens ebenso großen Verhältnisse vorhanden sind, als unter den Gebildeten, die aber mit sich selbst unbekannt und für ihr eignes, wie für das Glück Anderer verloren sind, hervortreten. Es müssen daher für jeden Gewerbszweig Werke vorhanden sein, welche im Stande sind, diese verborgenen Talente zu entwickeln, oder den gewöhnlichen Geistern Kenntnisse und Quellen zu gewähren, die sie vielleicht nie durch sich selbst gefunden haben würden.

Die Laufbahn der auf die Künste und Gewerbe angewendeten Mechanik war lange Zeit in den Händen von Menschen, welche sehr ehrenvoll aus der Classe der Handwerker hervorgetreten waren, weil alle Diejenigen, welche von der entgegengesetzten Seite in diese Laufbahn eintreten konnten, d. h., durch die Wissenschaft, die Handarbeiten ignorirten und unter ihrer Würde hielten. Allein unter diesen geschickten Menschen haben sich nur Wenige an den Punct erinnert, von welchem sie ausgegangen sind, und haben nicht daran gedacht, ihre alten Mitbrüder zu belehren und denselben ihre höhern Kenntnisse mitzutheilen, welche sie so vorwärts gebracht haben. Dieser Versuch bleibt noch zu machen. Wir wollen einen Theil davon übernehmen, wir wollen soviel, als es in unsern Kräften steht, einige nützliche Kenntnisse unter einer Menschenclasse verbreiten, welche so große Rechte auf Belehrung hat.

Alle in dem vorliegenden Werke mitgetheilten Resultate sind die Früchte unserer Beobachtungen bei der Aufstellung und Leitung von Dampfmaschinen. Da wir nicht mehr sagen wollen, als was wir wissen, so müssen wir bemerken, daß wir uns haupsächlich auf die Woolf'schen Maschinen von mittlerer Pressung und von zwei Cylindern stützen, da wir dieselben am Besten kennen. Auch ist es gewiß, daß die Wartung aller andern Arten von Maschinen die-

selbe ist, und unsere Erfahrung hat bewiesen, daß, wenn man im Stande ist, die Maschinen mit doppelter Pressung gehörig abzuwarten, die Beaufsichtigung der Niederdruck- und der Hochdruckmaschinen, welche beiderlei mehr angewendet werden, als die Woolf'schen, durchaus keine Schwierigkeiten hat. Wirklich sind diese letztern wegen ihrer verwickeltern Construction und wegen des höhern Dampfdrucks, der bei denselben angewendet wird, häufigern Störungen unterworfen, als die andern, und erfordern daher eine sorgfältigere Wartung. Jedoch wird man in dem vorliegenden Werke auch über alle andern Arten von Dampfmaschinen Belehrung finden, damit dasselbe nicht einseitig bleibe, sondern möglichst vollständig sei. Ebenso werden wir es auch nicht unterlassen, von den Schiffsdampfmaschinen und von den Locomotiven zu reden, da beide Arten von Maschinen jetzt sehr häufig sind, und weil deren Wartung und Beaufsichtigung ganz *besonderer* Instructionen bedarf.

Wir werden einen besondern Artikel der Vergleichung der Verbrauchs- und Unterhaltungskosten, sowie der verhältnißmäßigen Unterbrechungen, bei den verschiedenen Dampfmaschinen-Systemen widmen, um die Gewerbtreibenden und Fabricanten bei der zweckmäßigen Auswahl, die sie nach den Localitäten machen müssen, zu leiten; eine Auswahl, welche gewöhnlich nur durch die an einigen Maschinen in ihrer Nähe gemachten Erfahrungen, sowie durch den Namen des Maschinenbauers, welcher sie verfertigt hat, gemacht wird. Wir werden den Gang anzugeben suchen, den man befolgen muß, um den Werth der Leistung einer Maschine nach den örtlichen und andern Umständen aufzufassen, und um sie mit den Leistungen anderer Triebkräfte, wie Pferde, Wasser und Wind, vergleichen zu können. Man wird es leicht einsehen, wie wichtig es für einen Gewerb-

treibenden ist, der eine Fabrik einrichten, oder seine Triebkraft verändern will, sich im Voraus eine annähernde Rechenschaft von den zu erlangenden Resultaten geben zu können. Wieviele Fabriken sind in's Stocken oder zum gänzlichen Erliegen gekommen, weil man nicht im Voraus die Kosten der Triebkraft berechnet hatte, deren sie bedurften! Man wird daher auch in diesem Werk, als Anhang, Rathschläge finden, wie man mit den Maschinenbauern über den Ankauf und die Aufstellung der Maschinen verhandeln müsse. Es ist dieser Gegenstand von höchster Wichtigkeit, weil er Denjenigen, welcher eine Fabrikanlage machen will, die ihm vielleicht selbst ganz neu ist, allein darüber sichert, daß er in seinen Motoren die ganze Kraft und alle zum Erfolge nöthigen Bedingungen findet, oder daß er wenigstens, im Falle von Fehlern von Seiten der Maschinenbauanstalt, einen langwierigen und schwierigen Proceß vermeiden kann. Zu diesen Rathschlägen haben wir noch einige andere zu fügen geglaubt, welche die Aufstellung der Dampfmaschinen betreffen; denn obgleich diese Aufstellung hauptsächlich den Maschinenbauer betrifft, so ist der Fabricant doch auch oft genöthigt, zerbrochene Stücke auszuwechseln und die Stellung derjenigen zu untersuchen, welche sich verändert haben könnten. Auch ist es für den Fabricanten vom höchsten Nutzen, die Arbeiten der Maschinenaufstellung zu leiten, und sich zu überzeugen, daß sie keine von den erforderlichen Vorsichtsmaßregeln vernachlässigt, welche zu der Entwickelung der ganzen Kraft der Maschine erforderlich ist.

Wir werden auch die Art und Weise angeben, um die Leistung des Dampfes als Triebkraft messen zu können. Dieser Gegenstand, welcher bis zu dem heutigen Tage für die Gewerbtreibenden eine zu geringe Wichtigkeit gehabt hat, wird in dem Maße

mehr darbieten, als sich die jetzt angewendeten Methoden zur Messung der Nutzkraft der Dampfmaschinen und aller übrigen Motoren vervollkommnen, und wenn man genau die Kraft erkennen wird, welche die verschiedenen Gewerbsbetriebe erfordern. Es wird alsdann die practische und wirkliche Berechnung der Dampfmaschine zur Basis bei Fabrikanlagen, sowie bei den Contracten dienen, welche mit dem Maschinenbauer abgeschlossen werden müssen.

Viele Fabricanten wünschen zu gleicher Zeit die Theorie der Maschinen kennen zu lernen, welche sie gebrauchen, und die Maschinenwärter und Heizer werden in dem Maße des glücklichen Einflusses, den Gewerbschulen, welche sie jetzt besuchen, auf sie ausüben, das Bedürfniß einer bessern Belehrung empfinden. Um diesem Bedürfnisse zu genügen, ohne unserm Werke seinen besondern practischen Character zu berauben, haben wir eine Abhandlung über die Theorie des Dampfes und über die Gesetze, denen er unterworfen ist, sowie einige Bemerkungen über die Theorie der Dampfmaschinen, auf einen Anhang verwiesen.

Endlich haben wir den Schluß mit Bemerkungen über die sich auf die Dampfmaschinen beziehenden Verordnungen gemacht. Diese Verordnungen sind neuerlich, namentlich in Frankreich, sehr verbessert, und es sind alle diejenigen Puncte entfernt worden, welche der gewerblichen Entwickelung im Geringsten hinderlich waren. Jetzt sind diese Verordnungen wirklich practisch geworden.

Der in diesem Werke befolgte Gang ist sehr einfach. Wir haben zuvörderst nach und nach alle einzelnen Theile einer Dampfmaschine, namentlich des Woolf'schen Systems, von denen, welche den Dampf erzeugen, bis zu denen, welche die Kraft auf die Arbeitsmaschinen fortpflanzen, untersucht. Bei

jedem Stücke haben wir die Unfälle angegeben, welche dasselbe betreffen können; die Symptome, an denen man dieselben erkennen kann; sowie endlich die Mittel zu ihrer Abhülfe.

Wir haben diese Elemente auf verschiedene Arten von Dampfmaschinen anzuwenden versucht. Wir haben darauf in einem besondern Artikel die Einzelnheiten der sorgfältigen allgemeinen Leitung und Beaufsichtigung einer Maschine, sowohl von Seiten des Maschinenwärters, als auch von Seiten des Fabricanten zu vereinigen gesucht. Die Abbildung eines jeden von diesen Maschinentheilen wird zur vollkommenen Verständigung des Gesagten hinreichen. Weniger beschäftigen wir uns mit Einzelnheiten der Construction und der Zusammenstellung, indem wir weit eher für Männer schreiben, welche die Dampfmaschinen schon kennen, wenigstens ihren Betrieb und ihre allgemeine Zusammensetzung.

Ein Gegenstand endlich, dem wir einige Aufmerksamkeit widmen zu müssen geglaubt haben, ist die Benennung der verschiedenen Theile einer Maschine. Das Erste, was man zu thun hat, wenn man Thatsachen niederschreiben will, welche sich auf einen neuen Zweig von Kenntnissen beziehen, besteht darin, die Annahme von Worten zu bestimmen und jeden Gegenstand mit einem bestimmten Namen zu bezeichnen. Es ist dies bei den Dampfmaschinen noch immer nicht vollständig durchgeführt worden, und man findet bei der Bezeichnung der verschiedenen Maschinentheile noch viele fremde, namentlich englische, Benennungen. Wir haben daher einige Ordnung und Bestimmtheit in diesen Gegenstand zu bringen und für jeden Maschinentheil eine möglichst kurze und characteristische Benennung anzuwenden versucht. Obgleich wir bezweifeln, daß uns die Erreichung dieses Zwecks stets gelungen sei, so hoffen wir doch

die Aufmerksamkeit der Maschinisten auf diesen Gegenstand gerichtet und sie zu Verbesserungen und Vervollständigungen veranlaßt zu haben.

Obgleich es schwer hält, aus den bis jetzt vorhandenen Dampfmaschinenwerken nützliche Bemerkungen für unsern Zweck zu finden, so hat es uns doch nicht gefehlt, manches Zweckmäßige aus denselben zu erbeuten, unsere eignen Beobachtungen zu vervollständigen und die in verschiedenen Werken mitgetheilten miteinander zu vergleichen. Wir nennen unter den zweckmäßigsten die Werke über Dampfmaschinen und über Heizung von Tredgold, dem Grafen v. Pambour, Nottebohm, Bernoulli, das englische Werk von dem Artizan Club, sowie mehrere von den wichtigsten technischen Zeitschriften. Die engen Grenzen, auf welche wir bei diesem Werke beschränkt sind, und welches daher nur deutliche und positive Thatsachen, ohne Discussion und weitläuftige Entwickelung enthalten darf, hat uns auch an der Quellenangabe gehindert. Wir dürfen hier auch nicht unterlassen, unsere Dankbarkeit Hrn. d'Arcet auszudrücken, der den Künsten und Wissenschaften sobald durch einen frühzeitigen Tod entrückt worden ist; wir verdanken ihm sehr wichtige Mittheilungen, hauptsächlich über die Construction der Oefen.

Wir bitten auch unsere Freunde, die Herren Casalis und Cordier, Granger und J. F. Saulnier, unsern lebhaften Dank für die Mittheilung ihrer Erfahrung in dem Maschinenwesen annehmen zu wollen, indem dadurch unser Buch sehr gewonnen hat. Wir danken dem Hrn. Crepet dem Aeltern zu Rouen für die interessanten Details, welche dieser geschickte Fabricant uns über den Materialienverbrauch, die Unterhaltungskosten, die Dauer der hauptsächlichsten Dampfmaschinenstücke, und über

die so bemerkenswerthe Rechnungsführung, welche er bei seiner Triebkraft anwendet, mitgetheilt hat.

Es kann gar nicht fehlen, daß in unserm Werke einige von den so mannigfaltigen Unfällen der Dampfmaschinen nicht aufgeführt worden sind; sei es nun, daß wir sie nicht kennen, oder daß sie uns entgangen sind. Aus diesem Grunde bitten wir alle Gewerbtreibenden, die einige Erfahrung über diesen Gegenstand haben, diese Mängel uns mittheilen zu wollen, so daß wir sie bei spätern Ausgaben ergänzen können. Wir werden diesen Beweis der allgemeinen Theilnahme, die man jetzt an allen Bestrebungen nimmt, deren Zweck das Fortschreiten der Gewerbe und der Volksbelehrung ist, mit Dank anerkennen.

Erster Abschnitt.

Von den Dampfkesseln und ihren Oefen.

Nothwendigkeit, daß der Maschinist die Construction der Oefen kenne. Obgleich das Studium der Kessel und der Oefen hauptsächlich der Dampfmaschinen- und der Civilbaukunst angehört, so müssen wir hier jedoch diesen Gegenstand sehr genau entwickeln, indem die Fabricanten sehr häufig in den Fall kommen, ihre Dampfkessel und deren Oefen ausbessern, oder sie gänzlich auswechseln zu müssen, da oft eine geringe Verbesserung an ihrer Einrichtung, unmittelbar eine wichtige Brennmaterialersparung gewähren kann. Auf einer andern Seite machen die meisten Maschinenbauer die Kessel zu klein, so daß sie die zu einem guten Betriebe erforderliche Dampfmenge nur mit einem großen Brennmaterialverluste liefern können; die Folgen davon sind mehr Kosten, ein schlechter Gang der Maschine und eine schnelle Abnutzung des Generators. Der Dampfmaschinenbesitzer hat daher ein unmittelbares Interesse, Kessel anzuwenden, die eine hinlänglich bedeutende Oberfläche haben. Denn es bringt alsdann

das besser benutzte Brennmaterial mehr Dämpfe hervor; statt $4\frac{1}{2}$ bis 5 Kilogr. Dampf kann jedes Kilogramm Steinkohlen 6 bis 7 Kilogr. erzeugen. Jetzt muß daher jeder Maschinenbauer für den Brennmaterialverbrauch seiner Maschinen bürgen, und sehr häufig rührt die Nichterfüllung dieser Garantie von den Kesseln und Oefen her. Besonders ist der Bau der Oefen noch sehr wenig studirt; die Maschinenbauer, welche ein lebhaftes Interesse daran haben, sie möglichst vollkommen einzurichten, um ihren Maschinen einen regelmäßigen und constanten Betrieb zu gewähren, lassen sich bei dieser Arbeit noch zu sehr von der Empirie leiten, haben oft selbst nur ein sehr geringes Interesse daran, und überlassen die Leitung einer ebenso schwierigen, als wichtigen Arbeit, den Arbeitern, welche die Maschine aufstellen, oder einem Maurer. Es werden daraus häufige Vorfälle veranlaßt, welche der Maschine selbst zugeschrieben werden, während eine geringe Abänderung an der Form des Ofens ihre Wiederkehr oder ihre Wirkungen vermindern könnte. Wieviele Maschinen scheinen in einem guten Zustande zu sein, denen dennoch das lebhafteste Feuer nicht die verlangte Geschwindigkeit geben kann; sie erfordern zu einem guten Gange mehr Dampf, als der Ofen produciren kann, und sind stets schwer. Die Ursache des Uebels liegt am Häufigsten in einer zu engen Esse oder in zu engen Canälen, welche nicht genug Steinkohlen verbrennen und nicht genug Dampf erzeugen können; oder es liegt in einem Kessel, der dem unmittelbaren Feuer keine hinlängliche Oberfläche darbietet, und wir wollen den Beweis liefern, daß davon keine einzige Schiffsdampfmaschine ausgenommen ist *).

*) Einer der ersten Maschinenbauer Frankreichs wurde zur Bezahlung einer bedeutenden Entschädigung und bedeu-

Basen für unsere Constructionsgrundsätze. Obgleich wir jetzt die besten Verhältnisse der Kesselöfen noch immer nicht genau kennen, so wird man doch die Nothwendigkeit erkennen, einige allgemeine practische Grundsätze anzunehmen und zu befolgen, von deren Sicherheit und gutem Erfolge die Maschinenbauer überzeugt sein können. Wir werden die Grundsätze, von denen wir bei Arbeiten dieser Art ausgegangen sind, mit Sorgfalt und mit Hülfe von genauen und mit Maßstäben versehenen Abbildungen, den einzigen, welche Nutzen schaffen können, auseinandersetzen; außerdem werden wir noch auf den Abbildungen selbst die wichtigsten Dimensionen, wie, z. B., die der Roste, der Canäle und der Essen, bemerken.

Wir wollen in keine wissenschaftliche und vollständige Untersuchung der einzelnen Theile, aus denen ein Dampfkessel und sein Ofen bestehen, eingehen; wir werden blos die practischen Elemente des Ofenbaues bei der Dampferzeugung, welche aus der Erfahrung abgeleitet und unmittelbar anwendbar sind, auseinandersetzen. Herr Péclet hat die Resultate dieser Erfahrungen allgemein dargestellt und sie in Formeln verwandelt, die von guten Oefen entlehnt worden sind; es sind dies sichere Leiter für alle Fälle, welche sich darbieten könnten. Wir verweisen in dieser Beziehung auf einen Theil seines großen fran-

---

tender Zinsen verurtheilt, weil die Oefen, die er auf Dampfböten eingerichtet, keinen Zug hatten, eine zu geringe Steinkohlenmenge schlecht verbrannten, nicht genug Dampf und folglich der Maschine nicht die gehörige Geschwindigkeit geben konnten. Die Maschine war gut und durch eine Erweiterung der Canäle, wozu einige Maurerschichten hinreichend waren, würde sie die verheißenen Leistungen vollkommen erfüllt haben. — Es geschah dies von dem Eigenthümer des Dampfbotes, nachdem die Entschädigung bezahlt worden war.

zösischen Werkes über die Wärme, welches unter dem Titel: „Grundsätze der Feuerungskunde ꝛc.", von dem Bearbeiter des vorliegenden Werkes, deutsch herausgegeben und soeben als der 142. Band des Neuen Schauplatzes der Künste und Handwerke erschienen ist.

Herr d'Arcet war seinerseits der Erste, welcher den Hauptgrundsatz bei dem Bau guter Oefen zuerst anwendete, nämlich die Unterscheidung des Einflusses von dem Querschnitt der Esse und der Canäle, wodurch die Menge des in einer Stunde verbrauchten Brennmaterials, sowie der Einfluß der Rostoberfläche, welche die Temperatur der Verbrennung regulirt, bestimmt. Die practischen Data, zu denen er gelangt ist und die er uns mitgetheilt hat, sind die Resultate zahlreicher Versuche und einer durch die Theorie und die chemische Analyse beleuchteten Arbeit; er hat diese Resultate lange Zeit hindurch bei Oefen aller Art befolgt, die er zu errichten Gelegenheit hatte. Bei allen Bauen, mit denen wir uns beschäftigt haben, und wo wir diese Grundsätze unter allen Gestalten angewendet haben, haben sie uns nie im Stiche gelassen. Wir haben damit stets die besten Resultate erreicht, und obgleich die Arbeiten, welche diesen Namen tragen, keiner weitern Bürgschaft bedürfen, so können wir doch den Gewerbtreibenden, welche sie benutzen werden, den vollständigsten Erfolg zusichern. Wir wollen noch hinzufügen, daß diese empirischen Formeln genau zu denselben Resultaten gelangen, wie die Péclet'schen, und das ist gewiß eine sichere Bestätigung. Wir brauchen wohl nicht noch zu bemerken, daß alle diese Betrachtungen auf alle Arten von Oefen und Gewerbe anwendbar sind.

Dampfkessel oder Generatoren.

Beschaffenheit und Gestalt der Dampfkessel. Die meisten zur Verdampfung und zur Heizung dienenden Kessel haben einen flachen Boden; es ist die vortheilhafteste Einrichtung für die Benutzung der in einem Heerd entwickelten Wärme. Bei einigen Gewerben hat das Bedürfniß die Absätze aus der zu erhitzenden Flüssigkeit in einem kleinen Raum und Volum zu vereinigen, zur Annahme von concaven Formen geführt, wie bei'm Seifensieden, bei'm Schmelzen des Talges rc.; das, was wir aber weiter unten über die Form der Generatoren sagen werden, läßt sich ebensogut auf diejenigen Kessel anwenden, von denen wir hier reden, und die Grundsätze für die Construction ihrer Oefen sind die nämlichen. Stets bleibt es aber sehr vortheilhaft, Kessel mit flachem Boden anzuwenden, welche unmittelbar von dem Heerde erhitzt werden; sie bestehen aus Blech, aus Gußeisen, aus Kupfer oder Blei, je nach dem Zwecke, für welchen sie bestimmt sind.

Versuche zur Abänderung ihrer Form. Ihre Form und ihre Beschaffenheit sind nach dem Drucke, dem sie unterworfen, verschieden. Wir wollen nur von der Form der am Meisten angewendeten Kessel reden. Man hat viele Versuche gemacht, um diese Form zu verändern, um die Heizoberfläche zu vermehren, ohne jedoch die ganze Oberfläche zu vergrößern, ja selbst mit einer Gewichtsverminderung des ganzen Apparats; man hat ihm, um dem Druck einen größern Widerstand leisten zu können, sehr kleine Durchmesser gegeben rc. Bis jetzt ist aber nichts hervorgebracht, was einen wirklichen practischen Werth hätte, und bei einem mehrjährigen Gebrauch entsprechen die großen, überall angenommenen, Kessel, welche sich durch ihre Dimensionen und

der Leichtigkeit der Dampfentwickelung, durch die Einfachheit ihrer Construction und ihrer Formen, durch die Leichtigkeit, mit welcher sie gereinigt und reparirt werden können, auszeichnen, es entsprechen diese Kessel, sagen wir, allen Anforderungen. Man hat deshalb in den Fabriken gar nichts Neues dieser Art angenommen.

Man erreicht daher bei einer Fabrikanlage kaum eine merkliche Ersparung an dem Material, wenn man die Construction, die Aufstellung, die Reinigung und die Reparatur der Apparate verwickelt und schwierig macht, so daß die Mehrausgabe an Arbeitslöhnen das am Material Ersparte oft gänzlich aufhebt. Macht man die Apparate kleiner, so erlangt man freilich einen weit größern Widerstand vorausgesetzt, daß man keinen Dampf unter dem Drucke zwischen zwei concentrischen Mänteln erzeugen will; denn alsdann hat die von den beiden, welche einen äußerlichen Druck erleidet, im Verhältnisse zu ihrem Mittelpunct einen weit geringern Widerstand, und erfordert folglich eine weit bedeutendere Metallstärke. Daher zerreißt dieser Mantel stets über dem Heerde, an dem Orte, wo die stärkste Feuerung stattfindet. Dort sind fast alle diese Apparate mangelhaft. In keinem Falle werden aber gut eingerichtete Kessel durch die Stärke des Druckes, sondern durch das Feuer verdorben. Endlich haben diese kleinern und ununterbrochenen Apparate, deren Dampferzeugung und Entwickelung durch die Circulation gehindert ist, nicht die erforderliche augenblickliche Leistung, um den verbrauchten Dampf unmittelbar zu ersetzen, und die Maschine leidet.

Bei den Locomotivenkesseln, bei denen der Mangel an Raum und das gebieterische, absolute Bedürfniß, das Gewicht eines jeden Stücks zu vermindern, hat man mit einem sehr glücklichen Erfolge die Röh-

renkessel angenommen; allein man hat denselben erst dadurch erreicht, daß man nicht das Wasser, sondern die Flamme durch die Röhren gehen ließ, das Wasser und den Dampf aber in einer größern Räumlichkeit einschloß. Aber auch selbst dann hatte man den großen Nachtheil, daß, wenn man die Oberfläche des Generators auf das geringste Verhältniß reducirte, und folglich, wenn man die Dampferzeugung durch eine gegebene Oberfläche, mit Hülfe einer sehr starken und unmittelbar angewendeten Wärme steigerte, die Heizoberflächen sehr schnell zerstört wurden, wie ein gutes Pferd einer übermäßigen Arbeit erliegt. Endlich ist auch in ähnlichen Kesseln der Dampfbehälter gewöhnlich zu klein.

Einer der merkwürdigsten Apparate dieser Art und derjenige, welcher die schönsten Resultate gegeben, indem man mit demselben, bei lang fortgesetzten Versuchen, bis 9,32 Kilogr. Dampf, mittelst 1 Kilogr. Steinkohlen erlangt hat, ist der von Lemare construirte; jedoch hat er keine wirkliche gewerbliche Anwendung erlangt, wie dies auch vorhergesehen werden konnte. Zuvörderst sind aber alle Erfahrungen dieser Art einer allgemeinen Beobachtung über die Art und Weise unterworfen, wie die Versuche angestellt werden, und wir wollen daher in einige Details über diesen Punct eingehen; dann glauben wir aber auch, daß alle in dieser Richtung gemachten Anstrengungen keine wahrhaft nützlichen Resultate haben konnten. Die Apparate zu vereinfachen, ihre Einheit beizubehalten, ihre leichte Construction, ihre Leichtigkeit der Reinigung und der Reparatur, ihr bedeutender räumiger Inhalt; die bedeutende Zunahme der Oberflächen und unmittelbar eine gute Benutzung des Brennmaterials zu erreichen, dagegen aber die Stärke zu vermindern, welche stets zu groß ist; das wohlfeilste Metall zu wählen und die

vortheilhafteste Form nach den Umständen: dies müssen die Grundsätze sein, wornach jeder in den Gewerben zur Anwendung kommende Dampfapparat angelegt wird.

Wir werden auf diesen Gegenstand zurückkommen, wenn wir von den Abänderungen reden, welche man bei der Construction der Oefen anzuwenden gesucht hat.

Kessel mit concavem Boden. Die Niederdruckkessel *) haben gewöhnlich eine oblonge Form, ihr oberer Theil ist cylindrisch und der untere concav (Taf. I, Fig. 12 und 13), um der unmittelbaren Einwirkung des Feuers mehr Oberfläche darbieten zu können. Wenn der Kessel groß ist, so bringen einige Maschinenbauer im Innern 1 oder 2 Canäle, oder Röhren an, in welchen sie den Rauch circuliren lassen, ehe er in die Esse ausströmt, damit er seiner ganzen Wärme beraubt werde. Der große Vortheil, den diese Form gewährt, besteht darin, dem Feuer eine Ebene oder etwas concave Oberfläche darzubieten, die der Dampferzeugung weit günstiger, als eine cylindrische Oberfläche ist.

Einwirkung des Feuers auf eine ho-

*) Wir verstehen unter Niederdruckmaschinen diejenigen, welche gewöhnlich mit Dampf arbeiten, der mit dem atmosphärischen Druck im Gleichgewichte steht, oder ihn um 8 bis 10 Centimeter Quecksilber übersteigt. Die sogenannten Watt- und Boulton'schen Dampfmaschinen, sowie alle die nach demselben Princip construirten, gehören zu dieser Art. Maschinen von mittlerem Druck nennen wir diejenigen, welche Dampf mit einem Drucke von 2 bis 4 Atmosphären über den der Luft anwenden, wie es bei den Woolf'schen Maschinen der Fall ist. Eigentliche Hochdruckmaschinen nennen wir endlich diejenigen, bei denen der Dampf unter dem höhern Drucke von 5 bis 7 und 8 Atmosphären arbeitet, wohin die Maschinen von Trevithick, Oliver Evans, Cavé ꝛc. gehören.

rizontale Oberfläche. Die Erfahrung beweis't wirklich, daß eine ebene Oberfläche in einer gegebenen Zeit mehr Dampf liefert, als eine gleiche cylindrische Oberfläche, sobald alle beide unmittelbar der Einwirkung des Feuers ausgesetzt, und daß die Oefen nach denselben Grundsätzen construirt sind. Wirklich erhalten die Seiten a, b, c, d des cylindrischen Kessels (Tafel I, Fig. 10) die Einwirkung des Feuers und seine Ausstrahlung nur schief, so daß sie auf die Seitenmauern wirken müssen, wodurch die Wirkung des Brennmaterials bedeutend vermindert wird, so daß bei gleichen Umständen man mit den cylindrischen Kesseln nur 5 Kilogr. Dampf mittelst 1 Kilogr. Steinkohlen erhält, wenigstens wenn sie keinen bedeutenden Durchmesser haben, während man durch Kessel mit ebener oder concaver Oberfläche wenigstens 6 Kilogr. producirt, welches auch bei den Kesseln mit Siederöhren oder Siedern der Fall ist, welche in Folge der geringen Schiefe ihrer Seitenoberfläche, die von ihrem geringen Durchmesser herrührt, und weil man sie sehr leicht in der Masse der glühenden wie Kohlen anbringen kann, fast ebene Oberflächen wirken.

Allein die Kessel mit ebenen Oberflächen bieten dem Dampfdrucke keinen so großen Widerstand dar, als die cylindrischen. Wir sahen Kessel, deren Boden sich bog, um sich der cylindrischen Form zu nähern. Besonders widerstehen sie dem äußern Drucke schlecht, und bei großen Dimensionen ist es nöthig, sie im Innern mit einer eisernen Armatur zu versehen, wie die Fig. 1 — 5, Taf. II zeigen. Andere sind auch zuweilen unter dem Drucke der äußern Luft zerrissen, wenn im Innern durch Abkühlung und Verdichtung des Dampfes eine Luftleere entstand und man nicht die Vorsicht angewendet hatte, sie mit Sicherheitsröhren oder Ventilen zu versehen,

welche man Luftventile (reniflards) genannt (Taf. IV, Fig. 3), welche das Einströmen von Luft gestatten. Außerdem erfordern dir Reparaturen oft einen theilweisen Abbruch des Ofens, welches bei den Kesseln mit Siederöhren nicht der Fall sein kann.

Innere Canäle. Einige Nachtheile hat es auch bei großen Kesseln dieser Gestalt, daß eine zu dicke Wasserschicht vorhanden ist, welche der Einwirkung des Feuers keine hinlängliche Oberfläche darbietet. Um diesen Fehler zum Theil zu verbessern, bringt man oft eine Röhre an, welche die Wärme mitten in die Wassermasse selbst einführt; allein insofern man diesen Canälen nicht wenigstens die erforderlichen Dimensionen zum Durchströmen des Rauchs gibt, wodurch sie aber einen großen Theil des Raumes in dem Kessel einnehmen, ist ihre Oeffnung zu eng; umsomehr, da die große Abkühlung, welche der Rauch dadurch erleidet, daß er durch eine mit Wasser umgebene Röhre geht, er daselbst noch seinen Zug vermindert und viel Ruß in der Röhre absetzt, so daß sie bald verstopft und ein schlechter Wärmeleiter wird. Alle diese Ursachen tragen dazu bei, um den Zug des Ofens zu vermindern, und hemmen die Lebhaftigkeit des Feuers, zur Verminderung der Dampfmenge, welche die Kohle erzeugen kann. Fabricanten, welche Kessel dieser Art gebrauchen, und welche bemerken, daß der Zug nicht lebhaft genug ist, dürfen daher nicht säumen, diese Canäle zu verschließen und den Rauch unmittelbar in die Esse strömen zu lassen, nachdem er einmal um den Kessel circulirt hat. Sie können überzeugt sein, daß, wenn dieser erste Circulationscanal hinlänglich weit ist, und indem dieinnern Leitungen weggelassen werden, die Wirkung des Brennmaterials weit eher vermehrt, als vermindert werden wird. Wenn wir von den Kesseln der Dampfböte

reden, werden wir auch die Dimensionen der innern Canäle angeben, so daß der Zug weder gehindert, noch aufgehalten wird.

Diese Kesselform wird sehr häufig bei den Steinkohlenbergwerken Belgiens und in England angewendet (Fig. 6—41, Taf. II.) Viele Maschinenbauer machen ihre Seiten nach Einwärts hohl, um ihnen mehr Kraft, Widerstand und eine bessere Anwendung der Wärme zu geben; allein eine solche Einrichtung setzt den geneigten Theil, welcher die Wärme von Oben erhält, der Gefahr aus, oft verbrannt zu werden, weil der Dampf in dem Maße, als er sich bildet, bei seinem Aufsteigen gehindert wird und das Wasser verhindert, in Berührung mit der metallischen Oberfläche zu sein. Kurz, ohnerachtet der Nachtheile, die man durch die angegebenen Vorsichtsmaßregeln zu verhindern suchen muß, und stets dann, wenn diese Kessel nicht länger, wie 5 bis 6 Meter (16—19 Fuß) lang und 1,50 Meter (4⅔ Fuß) breit sind, sehen wir doch diese Form des Generators als gut bei Niederdruck an, da sie mit derselben Brennmaterialienmenge eine weit größere Dampfmenge produciren. Ueber diese Dimensionen hinaus geben wir selbst bei Niederdruck den Kesseln mit Siederöhren den Vorzug.

Man nennt Kessel von der Form, wie die in Fig. 1—5, Taf. II. dargestellten, Wagen- (Packwagen-) oder Kofferkessel, weil sie solchen ähnlich sind. Ein solcher mit einem Rohre versehener Kessel von 10 Fuß Höhe, 9½ Fuß Breite und 24 Fuß Länge, hatte eine Rauchröhre von 3 Fuß Höhe und 1½ F. Breite. Die Flamme stieg am hintern Ende in dies Rohr, wendete 1 Fuß von Vorn im Kesselraume selbst in ein anderes gleichweites Rohr um, ging wieder zurück und circulirte noch einmal um die ganze äußere Seitenwand. Die Dampferzeugung war nicht

vortheilhaft; denn die Flamme von einer Rostfläche von 8 Fuß Länge und 6 Fuß Breite fand in den engen Canälen und auf dem langen Wege zuviel Widerstand, und die Canäle konnten nur sehr schwierig gereinigt werden.

Cylindrische Kessel. Die cylindrischen Kessel haben halbkugelförmig geschlossene Köpfe oder Enden (Taf. I, Fig. 1), wodurch sie stärker werden. Wenn aber die Kessel kleine Dimensionen haben, und wenn sie keinem so starken Druck unterworfen sind, so ist es, wegen der schwierigen Anfertigung und Einmauerung der kugelförmigen Köpfe zweckmäßiger, die Enden mit flachen (Fig. 11, Taf. II.), oder mit wenig gebauchten Kopfplatten zu schließen. Die cylindrischen Kessel bestehen aus Eisen- oder aus Kupferblech und müssen mit der größten Sorgfalt zusammengenietet sein, ohne daß jedoch die Niete einander zu nahe stehen, denn dadurch werden die Blechtafeln sehr geschwächt, welches nicht ohne Gefahr ist. Die Entfernung der Niete von einander muß sich nach der Beschaffenheit und der Stärke des Metalles richten.

Die cylindrischen Kessel bieten eine zu gleicher Zeit einfache und feste Construction dar; die Einrichtung ihrer Oefen ist leicht, mit einem Worte, sie sind den Kofferkesseln, von denen wir schon geredet haben, sobald man mit Druck arbeiten will, vorzuziehen. Man muß sie soviel, als möglich, recht lang machen. Das Feuer bringt eine größere Wirkung hervor, und zu gleicher Zeit leisten sie dem Dampfdruck einen größern Widerstand. Sind Niederdruckkessel weiter, als 1,30 Meter, und solche für mittlern und Hochdruck weiter, als höchstens 1,10 Meter, bei einer 10- oder 12fach größern Länge, d. h. bei einer Kraft von 35—40 Pferden, so rathen wir den Fabricanten an, statt einem, zwei Kessel anzu-

wenden. Sie sind fester und minder stark, ihr Betrieb ist regelmäßiger, und sie erleiden weit wenigere und leichter zu reparirende Unfälle.

Von den Sieveröhren. Was nun den angegebenen Mangel der cylindrischen Kessel betrifft, bei gleicher Oberfläche, weniger Dampf zu produciren, mehr Steinkohlen zu verbrauchen, als die ebenen und concaven Kessel, und dennoch, wie diese, bei ihrer Reparatur, einen Abbruch des Ofens zu veranlassen, so hat man dies dadurch zu vermeiden gesucht, daß man unter den cylindrischen Kesseln blecherne oder kupferne Röhren (Fig. 1—7, Taf. I.) anbringt, die allein der directen Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind, und die leicht weggenommen und ausgewechselt werden können, ohne irgend einen wesentlichen Theil des Ofens zu zerstören. In dieser letztern Beziehung ist es eine sehr schlechte Art der Construction, die Sieveröhren mit den Kesseln fest zu vernieten; die Verbindung muß stets mittelst kurzer Röhren oder Hälse bewirkt werden, die schwalbenschwanzartig in die an dem Kessel angebrachten Hälse eintreten und mit Eisenkitt darin befestigt sind. Ohne diese Einrichtung hat man sehr bedeutende und unnütze Ausgaben; denn bei einer einfachen Reparatur der Sieveröhren muß man in diesem Falle den Ofen ganz einreißen und den Kessel gänzlich herausnehmen, statt daß dies bei einer zweckmäßigen Einrichtung nur mit den Sieveröhren zu geschehen braucht. Es werden diese Kessel jetzt von den Maschinenbauern fast ausschließlich bei feststehenden Maschinen und bei Dampfheizungen angewendet.

Man hat den Sieveröhren den Vorwurf gemacht, die Kessel unnütz zu compliciren; allein wir sind weit entfernt, diese Meinung zu theilen. Wir haben schon bemerkt, daß sie stärker wären, als die Kessel mit einem flachen Boden, und daß sie für die Dampf-

erzeugung günstiger sind, als die cylindrischen Kessel. Zu gleicher Zeit sichern sie sehr zweckmäßig den Kessel gegen die directe Berührung des Feuers und gegen fast alle seine nachtheiligen Einwirkungen. Es folgt daraus (Taf. I, Fig. 1), daß er weder verbrennt, noch sich je verändert, wenn man sonst den Ofen in guten Stand erhält und das Feuer nicht direct auf den eigentlichen Kessel wirken läßt. Man muß den Maschinenbauern empfehlen, den Hälsen oder kurzen Röhren, welche die Sieberöhren mit dem Kessel verbinden, einen möglichst bedeutenden Durchmesser zu geben, besonders wenn nur eine solche Verbindungsröhre vorhanden ist. Es muß sich nämlich nothwendig in diesen Verbindungsröhren eine doppelte Strömung des Wassers herstellen, z. B., bei 150°, welche aus den Sieberöhren hinausgeht und durch minder heißes Wasser ersetzt wird. 0,30 Meter ist der geringste Durchmesser, den man unter 10 Pferdekräften anwenden kann.

Manche Maschinenbauer fürchten, daß durch eine ungleiche Ausdehnung der Sieberöhren und des Kessels, jene an den Puncten, wo sie unmittelbar von dem Feuer getroffen werden, durch den Widerstand der beiden starken Hälse zerrissen werden möchten; sie bringen daher nur einen einzigen weiten und langen Hals an und geben alsdann der Sieberöhre eine bedeutende Neigung nach Vorn, damit sich der Dampf leicht entwickeln könne. Obgleich wir zuweilen die Sieberöhren wahrscheinlich aus dieser Ursache offen gesehen haben, so haben uns doch die nachtheiligen Unfälle, welche aus der schwierigen Herstellung einer Wasserströmung zwischen den Sieberöhren und dem Kessel mittelst eines Halses hervorgehen, stets zur Annahme von zweien veranlaßt, sobald die Maschine stärker, als 10 Pferdekräfte, war. Wir machen aber die Sieberöhren so lang, als möglich, weil

sie alsdann biegsamer sind und der Ausdehnung der Siederöhren weit leichter nachgeben, als sehr kurze Hälse. Wir fügen die Bemerkung des Herrn Poullet hinzu, daß der Dampf nur schwierig durch Wasser dringt und daß, wenn die Hälse der Siederöhren einen zu geringen Durchschnitt haben, dieser Dampf sich schwierig entwickeln würde, und daraus Unfälle entstehen könnten.

Die Siederöhren bilden auch an dem Theile, welcher die lebhaftere Einwirkung der Wärme auszuhalten hat, und wo die Feuerung am Lebhaftesten ist, wegen ihres geringern Durchmessers einen weit größern Widerstand dar. Endlich können sie, wenn es erforderlich ist, sehr rasch ausgewechselt und wiederhergestellt werden, und zwar mit bei Weitem geringern Kosten, als der Kessel selbst. Diese Vortheile sind in der Praxis so bedeutend, daß wir die recht häufige Anwendung der Siederöhren, sowohl zur Production von Niederdruck-, als von Hochdruckdämpfen, und zwar immer dann empfehlen, wenn der Kessel mehr, als 2 Quadratmeter Oberfläche der unmittelbaren Einwirkung der Feuerung darbieten muß.

Man bringt oft an blechernen oder kupfernen Kesseln drei Siederöhren von demselben Material an (Taf. I, Fig. 5); an den cylindrischen Kesseln, die bei den Maschinen des Woolf'schen Systems gebraucht werden, die eine Kraft von 16—20 Pferden nicht übersteigen, bringt man nur zwei an. Ihr Durchmesser wechselt von 0,325—0,60 Meter (2 F.), und man hat ihre Dimension bedeutend verstärkt. Ihre Oeffnungen sind jetzt bei großen Kesseln so berechnet, daß zum Reinigen und bei Reparaturen ein Knabe hineinkriechen kann.

Gußeiserne Kessel. Obgleich gußeiserne Kessel jetzt gar nicht mehr angewendet werden, ja so-

gar verboten worden sind, so haben sie doch nicht mehr Nachtheile, als blecherne. Wir kennen gußeiserne Kessel, die seit langen Jahren in ununterbrochenem, gutem Betriebe gewesen sind, und wenn man an denselben eisenblecherne Sieberöhren anbringt, so sind sie sehr dauerhaft und gut zu gebrauchen. Die Figg. 8 und 9, Taf. I. stellen einen gußeisernen Kessel, jedoch mit gußeisernen Sieberöhren, dar. Der Kessel besteht aus zwei Theilen, welche durch Schraubenbolzen und Kitt miteinander verbunden sind; die Verbindung der Sieberöhren mit dem Kessel ist durch Muffen bewirkt worden.

Verkittung der Sieberöhren. Wir haben schon bemerkt, daß die Sieberöhren nicht unveränderlich mit dem Körper des Kessels vernietet werden dürfen, weil, um sie auszuwechseln, man alsdann große Mühe hat, die Niete zu lösen, und dabei häufig die Ränder des Bleches zerrissen werden. Wir bemerken, daß diese Nachtheile vermieden werden könnten, wenn man die Sieberöhren mittelst Schwalbenschwänzen und mit einem Eisenkitt, oder doch wenigstens mit Schraubenbolzen, die man leicht losmachen kann, mit dem Kessel verbinden müsse. Wir wiederholen es auch, daß man blecherne Sieberöhren, wenn sie sehr lang sind, mit zwei Hälsen versehen müsse, indem dadurch der regelmäßige Durchgang des Dampfes in den Kessel erleichtert wird. Wir wollen nun eine kurze Beschreibung von dem Verkitten geben.

Wenn der Ofen neu erbaut ist, so läßt man sich erst das Mauerwerk setzen, damit der Kessel eine unveränderliche Lage annehme. Man bringt alsdann die Sieberöhren C, C (Fig. 1 u. 2, Taf. I.) in ihre gehörige Lage. Das Schwanzende der Röhren ruht auf einem eisernen Träger b von Kreuzesform, welches einer einfachen Eisenstange, oder selbst

Ohren weit vorzuziehen ist, weil man, um die Röhre wegzunehmen, man den Träger, ohne Nachtheil des Ofens, losmachen kann. Dieser Träger ruht unmittelbar auf der Sohle d des Feuerungscanals unter den Siederöhren. Der vordere Theil, oder der Kopf der Siederöhren wird von einigen Maschinenbauern freigelassen, so daß er nur an dem Kessel hängt, indem sie annehmen, daß, wenn man ihm eine feste Unterstützung gäbe, die Ausdehnung veranlaßt werden könnte, durch den Widerstand, den sie trifft, die Siederöhren zu zerreißen. Wir sind jedoch nicht dieser Meinung, indem wir gefunden haben, daß es durchaus nicht nachtheilig sei, sie auf eine Eisenstange oder auf eine Gußeisenplatte zu legen, indem die nur sehr geringe Ausdehnung die Röhren leicht biegen könnte, und die Verkittung auch gar nicht genöthigt ist, diese ganze Last zu tragen. Noch ein stärkerer Grund ist vorhanden, das Schwanzende der Siederöhren fest zu unterstützen, wenn man nur einen Hals hat, weil dieses bedeutende Gewicht alsdann als ein einarmiger Hebel auf den Hals einwirken würde, wodurch das Blech leicht zerrissen werden könnte.

Die Röhren ruhen demnach auf den Trägern b, b und auf eisernen oder gußeisernen Stäben e, die man soviel, als möglich, an dem Vordertheile des Ofens und hinter dem Thürrahmen anbringt, damit sie nicht durch die Einwirkung des Feuers verbrannt werden. Darauf muß man sehr genau die Muffen von den Hälsen E, welche mitten zwischen dem Kessel und der Siederöhre befindlich sind und die Hälse beider verbinden, sichern. Es geschieht dies mittelst dreier Keile, welche zwischen den Hals des Kessels und den mit dem Halse der Siederöhre vernieteten Muff eingetrieben werden, so daß ringsum ein freier Raum zur Aufnahme des Eisenkittes bleibt.

Die Keile nimmt man darauf wieder weg, wenn ein Theil des Raums ausgefüllt und die Röhre unveränderlich befestigt worden ist; denn wenn man diese Keile stecken ließe, so wird es fast unmöglich sein, die Röhre hinwegzunehmen, wenn es erforderlich wäre, indem die Keile sehr bald einrosten und alsdann mit dem Kitt und dem Blech einen Körper bilden würden. Bei der Aufstellung einer Maschine wird ein geschickter und kluger Werkmeister stets den Fall vorhersehen, in welchem man genöthigt sein könnte, sie wieder auseinanderzunehmen, und er wird dies möglichst zu erleichtern suchen. Umsomehr muß man dies bei den Sieteröhren voraussehen, welche den häufigsten Auswechselungen unterworfen sind, und zu deren Vortheilen es gehört, daß diese Auswechselung leicht bewerkstelligt werden könnte. Man muß daher dahin sehen, daß der leere Raum rings um den Hals, der zur Aufnahme des Kittes dient, eine Breite von etwa 12—15 Millimetern (5—6) Linien erhalte, damit man leicht mit den Meißeln hineinkommen könne, wenn man die Röhre losmachen will. Eine stärkere Verkittung wird auch viel härter. Meistens ist aber dieser Raum so enge, daß die Werkzeuge darin zerbrechen, oder darin stecken bleiben, so daß das Auseinandernehmen der Sieteröhren oft mehrere Tage einer sehr schwierigen Arbeit erfordert. Der Kitt muß in geringen Mengen mit einem eisernen Stampfer, in den ringförmigen Raum hineingetrieben werden, bis daß er gänzlich davon ausgefüllt ist. Man läßt ihn alsdann zwei Tage trocknen, ehe man den Kessel mit Wasser füllt, oder, wenn Eile erforderlich ist, so muß man 24 Stunden ein schwaches Feuer unterhalten, um die sich entwickelnde chemische Einwirkung zu beeilen, so daß der Kitt weder von Wasser, noch Dampf, angegriffen werden kann.

Wenn man, ohneachtet dieser Vorsichtsmaßregeln, beim Füllen des Kessels, das geringste Durchsickern von Wasser durch den Kitt bemerkt, so ist es ganz unerläßlich, die Arbeit wieder von Vorne zu beginnen; denn, ohneachtet dieses Entweichens, den Betrieb beginnen zu wollen, hieße sich unvermeidlich dem Unfall aussetzen, daß die Siederöhren zerfressen würden, oder Brennmaterial verloren ginge, und daß man nichtsdestoweniger die Arbeit nach einigen Tagen doch wieder beginnen müsse. Um dieses Durchsickern durch die Verkittung während des Kesselbetriebes zu vermeiden, besonders, wenn man nicht zwei oder drei Tage warten kann, und um die Verbindung des Kessels mit den Sieveröhren noch fester zu machen, wendet man zuweilen zwei Querstäbe, F und G (Fig. 9, Taf. VI), an, von denen die eine in den Kessel und die andere in der Sieveröhre angebracht ist, und welche man mit dem Schraubenbolzen H verbindet. Diese Vorsichtsmaßregel ist besonders dann unerläßlich, wenn die Hälse der Sieveröhren wenig oder gar nicht schwalbenschwanzartig erweitert sind, oder wenn die Verkittung zu schwach ist, und sie alsdann die Röhren gar nicht halten kann, so daß sie durch ihr Gewicht und die Einwirkung des Dampfes sinken müssen.

Unfälle, denen die Dampfkessel unterworfen sind.

Unfälle der Sieveröhren. Es sind, wie man es denken kann, die Sieveröhren, welche fast die ganze Anstrengung und die Unfälle betreffen. Da sie der Einwirkung des Feuers unmittelbar ausgesetzt sind, so erlangt das Metall, aus dem sie bestehen, eine weit höhere Temperatur, als der übrige Theil des Kessels; es kann selbst äußerlich, wenn es eine bedeutende Dicke hat, oder wenn man die sich

fortwährend bildenden erdigen Niederschläge, den sogenannten Kesselstein, nicht fortwährend fortschafft, selbst rothglühend werden. Gerade in den Sieberöhren findet die stärkste Verdampfung des Wassers statt, und die in dem Kessel selbst gebildeten Niederschläge fallen in die Sieberöhren zurück, häufen sich in denselben an und verhindern den Durchgang der Wärme durch das Metall, machen es rothglühend und verbrennen es schnell. Das glühende und dadurch geschwächte Blech gibt sehr bald dem innern Dampfdrucke nach, dehnt sich aus und zerreißt endlich.

Dieser Unfall findet besonders dann statt, wenn die Dampfkessel nicht eine hinlängliche Heizoberfläche haben, so daß die Heizer sich genöthigt sehen, zur Veranlassung der hinlänglichen Dampfproduction, das Feuer zu stark zu schüren. Man wird diese Bemerkung besser verstehen, nachdem wir die Dampfmengen angegeben haben, welche eine gegebene Kesseloberfläche hervorzubringen im Stande ist. Dieser Unfall findet hauptsächlich dann unvermeidlich statt, wenn man den Kessel und die Sieberöhren vollständig trocken läßt; oft hebt sich alsdann der Rand von einem der blechernen Ringe, aus denen die Sieberöhre besteht, zerreißt in dem einen Nietloch und läßt Wasser ausströmen. Dieser Riß erfolgt zuweilen, wenn das Blech bei der Anfertigung des Kessels kalt gelocht wird. Es muß hierauf bei der Uebernahme eines Kessels genau geachtet werden, indem durch Einwirkung des Feuers auf eine so mangelhafte Stelle sie sich unfehlbar während des Betriebes öffnen wird.

Risse der Sieberöhren. Wenn eine Sieberöhre zerreißt, so strömt das Wasser durch den Riß aus; aber wenn dieses Durchsickern gering ist, so nimmt man es während des Betriebes nicht wahr,

indem die Hitze den Riß sehr verengt und den Ausfluß des Wassers gänzlich hindert, oder, indem das Wasser bei seinem Ausflusse sofort in Dampf verwandelt wird, oder durch beide Ursachen im Vereine. Sobald aber das Feuer nachläßt, fängt das Durchsickern wieder an und veranlaßt oft eine Erweiterung des Risses, besonders, wenn das Blech bereits durch einen langen und starken Dienst, oder durch eine zu heftige Feuerung geschwächt ist. Auf diese Weise kann denn die Siederöhre, welche man bei'm Erlöschen des Feuers im anscheinend guten Zustande verlassen hatte, indem sie während des Betriebes gar kein Wasser entweichen ließ, oft nach der Ruhe von einer Nacht den Aschenfall unter Wasser gesetzt haben. Ein geringes Durchsickern hat nichts Beunruhigendes, und wenn es erforderlich ist, so hat es keine Gefahr, den Betrieb noch eine Zeitlang mit einer zerrissenen Röhre fortzusetzen, wenigstens bis das Ausfließen des Wassers zu stark wird. Der einzige Nachtheil besteht darin, daß, um das aus dem Riß entweichende Wasser in Dampf zu verwandeln, eine gewisse Steinkohlenmenge erforderlich ist, welche ziemlich bedeutend werden kann. Wir sahen sehr stark zerrissene Röhren unter einem Drucke von zwei Atmosphären im Betriebe, jedoch ist derselbe alsdann sehr gefährlich, und der Fabricant darf so etwas unter keinem Vorwande gestatten, weil, wenn den Heizer ein Unfall träfe, er die ganze Verantwortlichkeit davon zu tragen haben würde.

Reparaturen der Siederöhren. Man kann auch in dringenden Fällen, wenn eine Siederöhre unbrauchbar wird, und wenn man keine zum Auswechseln hat, nur mit einer einzigen Siederöhre arbeiten, indem man den Hals der einen, von dem Innern des Kessels aus, mittelst eines feuerfesten Steins, den die Hitze nicht zersprengen kann und mit

Eisenkitt verschließt. Wir rathen jedoch nicht zu einem solchen Verfahren, indem es stets mit Gefahr verbunden ist. Wenn es aber keinen bedeutenden Nachtheil hat, wenn man sich die Zeit nimmt, entweder die zerrissene oder verbrannte Siederöhre auszuwechseln, oder wiederherzustellen, so ist es besser, nicht zu warten, bis daß sich die Spalte erweitert. Wir haben weiter oben das Verfahren angegeben, welches bei'm Auswechseln der Siederöhren angewendet werden muß, und wir haben nun noch die Mittel nachzuweisen, welche zur Reparatur angewendet werden müssen, wenn die Spalte nur eine geringe Länge einnimmt, indem man sonst die Röhre unmittelbar durch eine andere ersetzen muß.

Angeschraubte innere Blechtafel. Das am Gewöhnlichsten angewendete Verfahren, welches darin besteht, den zerrissenen Theil auswendig mit einer angekitteten und festgeschraubten Tafel von starkem Bleche zu versehen, ist sehr schlecht, und hält das Entweichen des Wassers, oder das sogenannte Schweißen nur eine kurze Zeit auf, indem die Blechtafel und die Schraubenbolzen nach einem monatlichen Betriebe zerstört werden. Wendet man ein Verfahren dieser Art an, welches einen guten Erfolg haben soll, und welches eine für Kessel oder Siederöhren nicht nachtheilige Reparatur bezweckt, so muß man die Blechtafel im Innern des Kessels anbringen, sie verkitten und sie mit Schraubenbolzen befestigen. Der Dampfdruck sucht alsdann den Riß immer mehr und mehr zu verschließen, nie aber ihn zu öffnen, wie in dem vorhergehenden Fall; auch ist diese Tafel nicht so dem Verbrennen unterworfen.

Um diese Reparatur zu bewirken, ist man zuweilen genöthigt, die Röhre von dem Kessel zu trennen und aus dem Ofen herauszunehmen; auch rathen wir dem Fabricanten, stets zwei Siederöhren in

Reserve zu haben, damit man, wenn eine zerreißt, dieselbe herausnehmen und repariren, der Betrieb des Kessels aber nach kurzer Zeit wieder fortsetzen könne. Bei der Reparatur verfährt man alsdann auf folgende Weise: An jedem Ende des Risses, oder etwas davon entfernt, macht man ein Loch in das Blech, damit der Riß nicht weiter gehen könne; darauf macht man zu beiden Seiten des Risses eine Reihe von Löchern, die 5—6 Centim. (2—2¼ Zoll) auseinanderstehen. Diese Löcher dienen zur Aufnahme der Bolzen, zum Festhalten der den Riß deckenden Blechtafel. Man gebraucht auch die Vorsicht, die Löcher außerhalb zu erweitern und zu versenken, damit, wenn die Bolzenköpfe verbrennen, der mit dem Bolzen in dem kegelförmigen Loch eine Masse bildende Kitt die Wirkung eines Schwalbenschwanzes habe und die Platte ebenso fest zurückhalte, als wenn die Köpfe noch vorhanden wären. Aus demselben Grunde macht man den Bolzen in der Nähe des Kopfes auch etwas stärker, als an dem Gewinde. Darauf legt man die Blechtafel inwendig auf den Riß und gibt ihr die Krümmung von der Siederöhre oder von dem Kessel, so daß sie den Riß vollständig bedeckt und noch 5 — 6 Centimeter darüber hinaussteht. Alsdann überzieht man mit einer dicken Schicht von Eisenkitt, in einem etwas weichen Teige, den ganzen Theil, welchen die Blechtafel bedecken soll und füllt auch die Bolzenlöcher damit aus, ehe man dieselben hineinsteckt. Endlich befestigt man die Tafel durch die Schraubenbolzen, welche man alle zu gleicher Zeit fest anzieht. Zum vollständigen Trocknen des Ganzen sind zwei Tage hinreichend, besonders, wenn ein gelindes Feuer dazu angewendet wird; wird eine solche Reparatur mit Sorgfalt ausgeführt, so kann sie eine mehrjährige Dauer haben, besonders, wenn sie an den Kesseln selbst vor-

genommen wird, welche nicht, sowie die Sieteröhren, der unmittelbaren Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind.

Verfahren von Pauly. Ein anderes, sehr sinnreiches, Verfahren rührt von Herrn Pauly, Mechaniker zu Rouen, her. Für die gußeisernen Sieteröhren erfunden, läßt es sich aber auch sehr gut auf die blechernen, oder auf andere zu reparirende Stücke anwenden. Es ist in mehrern Maschinenbauanstalten mit dem besten Erfolge versucht worden und kann nicht allein sehr zweckmäßig zur Reparatur der Röhren und Kessel, sondern auch zu der der Cylinder und anderer gußeiserner Stücke, welche weder Dampf, noch Luft entweichen lassen sollen, angewendet werden. Es werden bei diesem Verfahren die Risse verschlossen, ohne daß dadurch außerhalb die Metallstärke vermehrt würde, und ohne daß irgend ein Bolzenkopf zurückbleibt, der schnell verbrannt werden könnte.

Das Verfahren ist folgendes: Man paßt in das zu reparirende Stück eine Tafel von starkem Bleche, welche groß genug ist, um die Spalte gänzlich zu bedecken, auf welcher man sehr zweckmäßig auch etwas rothen Kitt und Hanf anbringt. Darauf bohrt man an dem einen Ende des Risses, oder etwas darüber hinaus, damit er gänzlich aufgehalten werde, sowohl durch die innere Tafel, als auch durch die Kesselwand ein 13—14 Millimeter (etwa 6 Linien) weites Loch. Wenn die Reparatur von dem Innern des Kessels aus erfolgt, so gibt man dem Theile des Loches, welcher durch den letztern geht, ein Gewinde, und das Loch in der Blechtafel versenkt man und bringt eine messingene Schraube hinein, welche den versenkten Theil ausfüllen muß. Wenn die Schraube recht fest angezogen ist, so schneidet man den Kopf inwendig ab, gleicht ihn ab und beklopft

ihn stark mit dem Hammer. Man bohrt darauf ein zweites Loch neben dem ersten und verschließt es auf dieselbe Weise; allein es muß die erste Schraube um etwa 3 Millimeter oder eine starke Linie abschneiden, um jedes Entweichen von Wasser oder Dampf zu verhindern. Man bohrt auf diese Weise eine Reihe von Löchern der ganzen Länge des Risses nach, so daß sie sich alle schneiden und füllt sie mit messingenen Schrauben aus, welche man mit Sorgfalt vernietet. Es folgt daraus, daß die Blechtafel da, wo der Riß vorhanden ist, sehr fest mit dem Kessel oder der Sieteröhre verbunden wird; und wenn man auch gar keinen Kitt anwendete, so würde dieser Druck hinreichen, um jedes Entweichen zu verhindern.

Ein geschickter Arbeiter kann diese Reparatur oft auf der Stelle, von dem Innern des Ofens aus, und ohne die Röhren abzunehmen, vornehmen. Der Riß wird demnach verschlossen, ohne die Metallstärke nach Außen zu vermehren. Man wendet statt des Eisens Messing zu den Schrauben an, weil dasselbe weicher ist, wenn es mit dem Hammer getrieben wird, besser in die Schraubengewinde des Eisens eindringt, und überhaupt den Riß genauer verschließt.

Außer dem Verbrennen des Blechs durch ein zu starkes Feuer, hat auch das angewendete Blech zuweilen Fehler, welche sich bei den Feuern zeigen. Man erkennt dies dadurch, daß sich das Blech alsdann an einem kreisrunden Punct abblättert, statt auf einer größern Oberfläche verbrannt zu sein, und statt wie ein der Rothgluth ausgesetztes Metall sich aufzublähen.

Dies sind die Hauptursachen der Brüche oder Risse der Sieteröhren, zu denen auch noch die Zerstörungen des Mauerwerks von den Oefen gerechnet werden müssen, welche durch schlecht gerichtete Luft-

strömungen veranlaßt werden, welche diejenigen Theile erhitzen, auf welche das Feuer gar nicht einwirken sollte.

Reparaturen der Siederöhren und Kessel außerhalb des Ofens. Die mit den blechernen und kupfernen Kesseln, wenn sie aus dem Ofen herausgenommen worden sind, vorzunehmenden Reparaturen bieten keine großen Schwierigkeiten dar. Die einzige wichtige zu beobachtende Bedingung besteht darin, den ganzen verbrannten oder auch nur geschwächten Theil, selbst die ganze Blechtafel, hinwegzunehmen, besonders wenn der Riß oder die Schwächung an dem Orte der directen Einwirkung des Feuers vorhanden ist. Ließe man einen Theil des verbrannten oder spröden Bleches zurück, so könnte es bei'm Vernieten des Stückes, oder durch die Ausdehnungen, welche das Feuer veranlaßt, zerreißen.

Man muß auch dahin sehen, nie das alte verbrannte Blech unter dem neuen zu lassen; denn da dieses letzte nicht in unmittelbarer Berührung mit dem Wasser im Kessel steht, so würde es glühend werden und sehr schnell verbrennen.

Es ist leicht und bei einem lebhaften Betriebe, oder wenn der Schaden nicht bedeutend ist, selbst vortheilhaft, ein Stück auf die Siederöhre zu setzen, ohne sie aus dem Ofen zu nehmen, sobald die Stelle der Beschädigung nur gehörig zugänglich ist. — Zu dem Ende haut man die verbrannte Stelle mit dem Meißel quadratisch heraus; das neue Stück legt man von Innen auf die Oeffnung, versieht dasselbe und die Ränder der Oeffnung mit Löchern, bringt auf die Ränder Eisenkitt in der Form eines weichen Breies und bewerkstelligt die Verbindung auf die angegebene Weise mit Bolzen und Schrauben. Es ist auch eine schlechte Art und Weise, das alte Blech außerhalb, ohne es wegzuschneiden, zu lassen;

es verbrennt, löſ't ſich ab, öffnet die Verkittung und veranlaßt ganz unvermeidlich neue Entweichungen von Dampf oder Waſſer.

Wir machen nun noch folgende Bemerkungen in Beziehung auf dieſe Reparaturen. Bei'm Bohren der Löcher darf man nie Oel an den Bohrer gießen, ſondern Seifenwaſſer dazu nehmen, indem ſonſt der Eiſenkitt nicht haften und ſich mit den Platten durch's Roſten nicht verbinden würde. Iſt aber aus Verſehen Oel an eine ſolche Stelle gekommen, ſo muß ſie abgebrannt und mittelſt Pottaſche gereinigt werden. Man thut übrigens vor jeder Anwendung von Eiſenkitt wohl, die Stellen zuerſt mit Seifenwaſſer und dann noch mit verdünnter Salzſäure zum Beizen abzuwaſchen.

Das ſogenannte Stemmen an den Blechrändern kommt dem Maſchiniſten manchmal vor; wir haben aber oft geſehen, daß dieſe Arbeit verkehrt gemacht wurde und alſo auch höchſt ſelten guten Erfolg hatte. Das Antreiben der Kante **b** (Fig. 21, Taf. **III**.) an der Platte **A** gegen die Platte **B** iſt unzureichend, da ſich nur gerade die vordere Spitze feſt auflegt. Die eigentliche gute Verſtemmung ſieht man an der Platte **B**. Daſelbſt iſt zuerſt der Länge der Kopffläche **c d** nach mit einem nicht allzuſcharfen und breiten Meißel die Furche **m** eingetrieben, dadurch das Blech ſchon bei **n** aufgedrückt worden. Treibt man nun noch mit dem Stemmeiſen den Bart **m d** gegen **A**, ſo liegt ein größerer Theil von **B** feſt auf **A** angepreßt. Die Furche **m** ſoll nie ſo tief werden. Man nehme ſich die Verſtemmung, wie ſie der Keſſelfabricant ausgeführt hat, zum Muſter.

Im Allgemeinen rathen wir ſowohl dem Fabricanten, als dem Maſchiniſten, bedeutende Reparaturen auf eigne Hand nicht zu unternehmen, z. B., Einſetzen von feſtzunietenden Platten und von ſol-

chen, die größer, als ein Quadratfuß sind. Solche Arbeit verrichten die Kesselschmiede sowohl rascher, als auch sicherer. Die etwas größern Kosten werden durch jene Umstände aufgehoben. Bei derartigen Stillständen finden auch Maschinist und Heizer Gelegenheit, alle übrigen Theile genau nachzusehen, zu reinigen und auszubessern. Es ist aber doch rathsam, sie den Kesselschmieden bei den Reparaturen zur Hand gehen zu lassen, welches mancherlei Gewinn bringt.

Mittel, geringe Entweichungen während des Betriebes aufzuhalten. Oft haben Röhren und Kessel von Eisen- oder Kupferblech undichte Stellen bei der Zusammenfügung der Tafeln oder in der Vernietung. Das beste Mittel, solche Stellen zu verdichten, wenn es nicht durch ein Zusammentreiben mit dem Hammer, ohne den Kessel aus dem Ofen zu nehmen, geschehen kann, besteht darin, in dem Wasser des Kessels 20—25 Liter Kleie zu kochen, wozu man etwas Kalk hinzuthut. Der sich alsdann auflösende Kleber bildet mit dem Kalk einen Kitt, der sich in den Fugen absetzt, in dem Maße, daß das Feuer das Wasser in Dampf verwandelt. Auf diese Weise werden Entweichungen von Wasser und Dampf verhindert, und es reicht dies Mittel auch bei geringen Verbrennungen oder Rissen aus. Man muß aber alsdann den Kessel sehr sorgfältig entleeren und reinigen, indem die mit dem Kalk als Niederschlag zurückgebliebene Kleie sich an den Kessel anhängen und sehr bald sein Verbrennen bewirken würde.

Auswechselung der Sieveröhren. Wenn man im Voraus alle angegebenen Vorsichtsmaßregeln anwendet, um die Auswechselung einer gerissenen oder verbrannten Sieveröhre schnell und leicht bewirken zu können, indem man stets zwei Sieveröhren

in Reserve hat, so kann es gar keine Nachtheile haben, wenn eine Dampfmaschine nur mit einem Kessel versehen ist. Die vollständige Reinigung eines Kessels erfordert nur 12—15 Stunden, und die Auswechselung einer beschädigten Sieberöhre von guter Einrichtung kann zwischen dem Sonnabend Abend und dem Montag Morgen bewirkt werden. Bei Sieberöhren von gutem Blech und von hinlänglicher Größe und bei einem guten Heizer ist eine solche Auswechselung nur selten nöthig. Die Reinigung der Kessel kann übrigens, wenn man damit nicht bis auf den letzten Augenblick wartet, an irgend einem natürlichen Feiertage für den Betrieb bewirkt werden, ohne daß die Arbeit der Fabrik dadurch gestört wird; durch ein gehöriges Reinigen werden die Sieberöhren gewöhnlich vor jedem Unfalle bewahrt.

Man muß stets über den Sieberöhren, vor und hinter dem Ofen, ein Gewölbe von Ziegelsteinen V, V (Taf. I, Fig. 1 u. 3) schlagen, welches man darauf verschließt, wenn die Sieberöhren eingelegt und verkittet worden sind. Bei'm Auswechseln braucht man alsdann nicht das ganze Gewölbe einzureißen, sondern man braucht nur die beiden Bögen zu öffnen. Der Ofen ist alsdann geöffnet, und die von beiden Seiten freigemachten Sieberöhren können leicht hinweggenommen werden. Man nimmt den eisernen Träger b und die gußeiserne Platte e, auf denen die Röhre ruht, weg und legt sie auf Hebel oder Wagenwinden, so daß sie heruntergelassen werden kann, wenn sie vom Kitt befreit worden ist. Wollte man das Schwanzende der Sieberöhre vor Wegnahme des Kittes ununterstützt lassen, so würde man fürchten müssen, den Hals zu zerreißen. Zu gleicher Zeit legt man zwei kleine hölzerne Walzen darunter, um die Röhre mit Leichtigkeit herausnehmen zu können, welches weit besser von der hintern, als

von der vordern Seite bewerkstelligt wird. Man sieht ein, daß man zur Erleichterung dieser Arbeit nicht vergessen darf, an der hintern Seite des Ofens einen Raum zu lassen, welcher ebenso lang, als die Sideröhre, ist, und in welchem man dieselbe frei bewegen kann; oder, wenn der Ofen unter der Sohle der Fabrik liegt, so muß dazu eine gewölbte oder mit Bohlen bedeckte Grube vorhanden sein. Gestattet es die Oertlichkeit nicht, diesen leeren Raum hinter dem Ofen zu lassen, so muß er wenigstens auf einer von den Seiten vorhanden sein, um die Operation weniger zu erschweren, und man muß alsdann dort ein Gewölbe, wie das erwähnte, anbringen.

Man schreitet alsdann dazu, den Kitt an den Hälsen wegzunehmen, welches von dem Innern des Ofens aus mittelst gußstählerner Meißel geschieht. Ist der Kitt sehr fest und der von ihm eingenommene Raum so eng, so daß man keinen Meißel hineinbringen kann, ein Fehler, der diese Arbeit oft sehr langwierig macht, so muß man den Kitt mit einem Gemenge von Schwefel- und Salpetersäure, welches mit etwas Wasser verdünnt ist, übergießen; das den Kitt bildende Schwefeleisen wird durch diese Säuren stark angegriffen, worauf man diesen Theil mit einem Werkzeuge wegnimmt, wiederum Säure hinzugießt und damit so lange fortfährt, bis daß der Kitt aufgelös't ist. Auf diese Weise macht man den Hals E frei, man läßt die Röhre mittelst Hebeln oder Winden herunter und zieht sie auf Rollen hinten aus dem Ofen. Die neue Röhre wird auf dieselbe Weise eingebracht, indem man ihren Hals mit dem des Kessels verbindet. Zu dem Ende rollt man sie unter den Kessel, erhebt das Kopfende mit einer Winde, bringt die gußeiserne Platte e, sowie den Träger b darunter, verkittet die Hälse und verschließt den Ofen mit den Scheibenmauern unter den Bögen.

Wir wollen hier noch bemerken, daß die Oeffnungen V,V auch zur vollständigen Reinigung des Ofens und seiner Canäle zweckmäßig sind.

Dimensionen der Dampfkessel.

Dampfmenge, welche die verschiedenen Kessel liefern. Wenn auf diese Weise die Form der Kessel bestimmt ist, so ist es erforderlich, ihre Dampfproduction zu kennen und folglich die ihnen zu gebenden Dimensionen.

Diese Production variirt unvermeidlich mit der Form der Kessel, mit der Beschaffenheit und der Stärke des Metalles, sowie auch mit der Art und Weise der Einrichtung des Ofens; nimmt man aber an, daß der Ofen nach den Grundsätzen construirt worden sei, die wir später entwickeln wollen, so ist es hier erforderlich, mittlere Data, Erfahrungsresultate, mitzutheilen, welche dazu dienen, den Kessel im Verhältnisse zu den Bedürfnissen, denen sie dienen sollen, nach der Beschaffenheit des Metalles, nach seiner Stärke und nach der Gestalt des Apparates einzurichten.

Grundsätze der englischen Ingenieure. Mehrere englische Ingenieure nehmen zum Elemente der Bestimmung eines Kessels, dessen Leistung im Voraus gegeben ist, den Cubikinhalt desselben an. Es ist dies aber ein sehr grober Irrthum; um in einer Stunde eine gewisse Dampfmenge zu produciren, muß man eine gewisse Brennmaterialmenge verbrauchen, und es muß die Kesseloberfläche hinlänglich sein, damit das Wasser die möglich größte Wärmemenge von der ganzen, welche das Brennmaterial entwickelt, aufnimmt. Es ist demnach die Oberfläche des Generators, welche seine Kraft bestimmt. Armstrong gebraucht in seinem Werke

über die Dampfgeneratoren zu gleicher Zeit die äußere Oberfläche und den cubischen Inhalt bei den Berechnungen der Dimensionen der Generatoren, und die Dampfmaschinen-Ingenieure in Cornwall berücksichtigen sie auch bei den großen Heizoberflächen, welche sie ihren Apparaten geben; allein mit den äußern Dimensionen und Formen, die wir geben, wird der räumliche Inhalt stets hinlänglich genügend sein.

Einfluß der Beschaffenheit des Metalles. Das Gußeisen ist von allen in den Gewerben angewendeten Metallen dasjenige, welches die Wärme am Leichtesten durchgehen läßt. Jedoch zeigen die Versuche von Tredgold und Clément Desormes, daß das Roheisen, rostiges Blech und geschwärztes Kupfer in einer gegebenen Zeit fast gleiche Wärmemengen durchgehen lassen, bei welcher Leitungsfähigkeit aber das Kupfer am Niedrigsten steht. Nun ist aber in den Oefen die äußere Oberfläche der Generatoren stets mit einer Schicht von Ruß und Oxyd bekleidet, welche die Wirkungen auszugleichen sucht, und man kann demnach, ohne einen wesentlichen Irrthum zu begehen, die Beschaffenheit des Metalls, in Beziehung auf die Construction der Generatoren, als ohne merklichen Einfluß auf die Dampfproduction annehmen.

Einfluß der Metallstärke. Die Metalldicke verändert, aus den oben angegebenen Gründen, die Dampfproduction nur sehr wenig. Dem Principe nach, wird der Nutzeffect des Brennmaterials umsoweniger schwierig sein, je dicker das Metall ist, und jemehr der Durchgang der Wärme erschwert wird. Ein besonderer Vortheil bei der Anwendung dünner Metalle liegt noch darin, weil sie um so leichter verbrennen können, je dicker sie sind. Die äußere Oberfläche muß alsdann eine weit höhere Tem-

peratur annehmen, um der innern Oberfläche und dem Wasser, welches sie benetzt, die verlangte Temperatur zu gewähren. Es ist dies ein sicherer und von vielen Practikern erkannter Umstand. Hr. Say in Nantes hat uns versichert, er habe einen sehr dünnen kupfernen Kessel lange Jahre hindurch ohne irgend eine Reparatur benutzt, während er in demselben Zeitraum andere sehr starke verbrannt habe. Das Metall biegt sich auch weniger unter der Einwirkung des Feuers. Die Salzsiedepfannen zu Dieuze, in Lothringen, werden daher jetzt auch aus 2 oder $2\frac{1}{2}$ Millimeter oder 1 Linie starkem Blech angefertigt, statt daß man sie früher 8 oder 10 Millimeter oder $3\frac{1}{2}$ bis 4 Linien stark machte, wobei sie weit eher ihre Form verloren oder verbrannten.

Man sieht, daß bei der Verminderung der Stärke des zu den Kesseln angewendeten Metalles auch eine bedeutende Ersparung stattfindet. Auf der andern Seite dagegen muß man berücksichtigen, daß, wenn die Kessel einen gewissen innern Druck ertragen sollen, das Metall durch die Erhitzung an Festigkeit verliert, daß es durch seine Benutzung, und noch mehr, wenn der Kessel abwechselnd gebraucht wird, oder außer Gebrauch steht, verbrennt und zerstört wird. Die Metallstärke der Kessel muß demnach so berechnet werden, damit sie nicht allein dem regelmäßigen, sondern auch dem außerordentlichen Druck und den unvorhergesehenen Stößen, welche stattfinden können, widersteht, und daß er noch stärker ist, damit er noch nach einem mehrjährigen Dienst und nach einer gewissen Abnutzung gebraucht werden kann.

Gesetzliche Dicken der Generatoren. Eine königl. französische Ordonnanz vom 22. Mai 1843 bestimmt die Formel, nach welcher diese Stärken für alle Durchmesser und für jeden Druck

berechnet werden müssen. Man bringt in diese Formel eine Zahl, welche die Stärke fortwährend um 3 Millimeter erhöht, welche Erhöhung die Bestimmung hat, die wahrscheinlichen Veränderungen der Abnutzungen auszugleichen. Diese Formel gibt 6 oder 8 Mal größere Dicken an, als die nach den genauen Formeln berechneten, welche das Minimum angeben, und deren Genauigkeit dennoch durch die Versuche von Navier bestätigt worden ist. Die kupfernen Kessel sind in dieser Tabelle mit den blechernen auf gleiche Linie gestellt worden. Wir werden am Ende des Werkes die amtliche Tabelle über diese Dicken bis zu 1 Meter Durchmesser und 8 Atmosphären Druck mittheilen.

Einfluß der Gestalt der Kessel. Die Form der Kessel übt auf die Dampfproduction sehr großen Einfluß aus. Die Versuche, die wir weiter oben angeführt haben, beweisen, daß die Oberfläche einer senkrechten Röhre, welche durch die Luft abgekühlt wird, in einer gegebenen Zeit mehr Dampf verdichtet, als dieselbe Oberfläche in horizontaler Lage. Es läßt sich dies ohne Mühe begreifen. Im erstern Falle bleibt der emporsteigende Luftstrom in steter Berührung mit der metallischen Oberfläche; im zweiten Fall umgibt der Luftstrom nur die untere Hälfte der Röhre vollständig, welche aber einen geringern Temperaturgrad angenommen hat. Die obere Hälfte der cylindrischen Röhre, welche durch den innern Dampf stärker erwärmt wird und von beiden Seiten durch zwei Seitenströme geschützt wird, kann nur auf einen Theil Luft wirken, der sich auf sich selbst bewegt, und dessen Bewegungen stets entgegengesetzt sind.

Bei der Heizung der Kessel, die auf Oefen angebracht worden sind, finden aber stets andere Bedingungen und Resultate statt. Hier wird die

Abkühlung nicht äußerlich durch die Luft, sondern innerlich durch Wasser bewirkt; die Erwärmung wird nicht durch von Seitwärts und von Unten wirkenden Dampf, sondern durch einen Luftstrom hervorgebracht, der oben weit wärmer ist, und fast stets trägt dieser obere Theil wenigstens die Hälfte seiner Wirkung auf einen Canal von Ziegelsteinen über, was für senkrechte Oberflächen eine sehr unvortheilhafte Bedingung ist. Ihre horizontalen Oberflächen dagegen befinden sich in den bestmöglichen Umständen, um die ganze Wärme eines warmen Luftstroms zu benutzen; denn die wärmsten Luftschichten befinden sich immer oben, d. h., in Berührung mit der abkühlenden Oberfläche, und sie wirken immer auf die untern Wasserschichten, d. h., auf die minder warmen. Demnach bringen in einem Ofen, bei übrigens gleichen Umständen, die horizontalen Oberflächen mehr Dampf hervor, als die senkrechten. Wir folgern daraus: Die Dampfproduction einer gegebenen Oberfläche ist mit der Form des Kessels eine verschiedene, und die Kessel mit flachem Boden sind für den Durchgang des Dampfes und für die gute Benutzung des Brennmaterials günstiger, als die cylindrischen Kessel jeder Art.

Endlich scheinen Versuche zu beweisen, daß bei ganz gleichen Dimensionen die cylindrischen Kessel eine ebenso bedeutende Dampfproduction geben, als die mit Sieder öhren, obgleich diese dem Feuer mehr Oberfläche darbieten und zwar in minder schiefer Richtung.

Kessel mit plattem oder etwas concavem Boden (Taf. II, Fig. 1 und 2). Ein Quadratmeter von dem Boden eines Kessels dieser Form über 10 Pferdekräfte, der dem Feuer direct ausgesetzt ist, producirt 70—75 Kilogr. Dampf in der

Stunde. Wenn die unmittelbar erwärmte oder erhitzte Oberfläche hinlänglich groß ist, so ist die Wirkung der Canäle nicht von Wichtigkeit. Jedoch darf man bei der Berechnung eines Kessels dieser Art, der keine Canäle hat, auf eine höhere Production, als von 50 oder 60 Kilogr. rechnen, weil man im Allgemeinen stets die Dimensionen und die Leistungen der Apparate innerhalb weiter Grenzen berechnen muß; sie arbeiten besser und länger und das Brennmaterial wird besser benutzt.

Wenn der Kessel Canäle hat, und wenn man die ganze Oberfläche des Heizraums berechnet, die aus der direct und indirect dem Feuer ausgesetzten und in den Canälen erwärmten Oberfläche besteht, so darf man auf nicht mehr, als auf 20 Kilogr. auf das Quadratmeter der ganzen Heizoberfläche rechnen. Man wird weiterhin sehen, daß, um sich gute Resultate zu sichern, die direct erhitzte Oberfläche wenigstens 60 Procent von der ganzen Oberfläche betragen müsse. Herr d'Arcet ist bei den verschiedenen Reihen von Beobachtungen, die er über die Dampf- und Concentrationskessel angestellt hat, zu dem Resultate gelangt, daß mit einem Quadratmeter direct erhitzter Oberfläche, bei jedesmaliger Anwendung von einem guten Zuge, das vortheilhafteste Verhältniß der zu verbrennenden Steinkohle 12 bis 15 Kilogr. beträgt, die einem Minimum der Production von 60—80 Kilogr. Dampf, wie wir es angaben, entspricht.

Cylindrische Kessel mit Sieveröhren (Tafel I.). Das von den meisten Maschinenbauern angenommene Verhältniß zur Bestimmung der Dimensionen der Dampfkessel für die Maschinen von mittlerem und hohem Drucke beträgt 1 Quadratmeter auf die Pferdekraft; dies ist es, was man angenommen hat, um in den Werkstätten die Kraft

und die Dimensionen eines Kessels zu bezeichnen, indem man den Ausdruck Kessel von 16, Kessel von 25 Pferden gebraucht. Man versteht stets darunter Kessel von 16, Kessel von 25 Quadratmeter Heizoberfläche. Der Engländer Farey gibt in seinem Werke über die Dampfmaschinen für die Watt'schen Maschinen 1,30 Meter an, welches mit dem ersten Resultat in Uebereinstimmung steht; denn der Verbrauch der Maschinen von Watt ist im Minimum 25 Procent bedeutender, als die der Hochdruckmaschinen ohne Condensation. Der Brennmaterialverbrauch der Hochdruckmaschinen mit Condensation beläuft sich auf 3 Kilogrammen in der Stunde, der der Maschinen ohne Condensation auf 4–5 Kilogr., eine Production von 5 Kilogr. Dampf auf 1 Kilogr. Steinkohle. Die Maschinenbauer rechnen daher höchstens auf eine Production von 25 Kilogr. Dampf auf jedes Quadratmeter der ganzen Heizoberfläche. Armstrong hat geringere Dimensionen, als Farey angenommen. Er gibt den Generatoren alle Gestalten, 1 Quadratyard Heizoberfläche auf das Pferd, welches 0,82 Quadratmeter entspricht. Er rechnet auch auf 1 Kubikyard räumlichen Inhalts des Kessels auf die Pferdekraft, oder 0,75 Kubikmeter.

Gefahren zu geringer Dimension. Wären die Oefen stets in einem guten Zustande, die Steinkohlen stets von guter Qualität und die Kessel im Innern und Aeußern rein, so würden diese Verhältnisse hinreichend sein. Allein die Oefen nehmen Ruß auf, die Kessel Pfannenstein, in Regenzeiten vermindert sich der Zug und ebenso die Lebhaftigkeit und die Kraft des Brennmaterials; die Steinkohlen sind schlechter, die Maschine hat Mängel oder ist in Unordnung; eine außerordentliche Arbeit oder Verstärkung der Werkstatt erfordern eine bedeutendere Kraft.

Die Dampfproduction bleibt alsdann zurück, oder sie erfordert wenigstens, um sie mit den Bedürfnissen gleichzuhalten, Beschleunigung; man verlangt von dem Kessel die höchste Leistung, man greift ihn zu sehr an, er verschlechtert sich rasch, und endlich vermehrt man auch ganz unvermeidlich den verhältnißmäßigen Brennmaterialienverbrauch.

Es gibt Umstände, unter denen das Unzureichende der Dimensionen eines Generators noch weit gefährlicher sein und Explosionen veranlassen kann. Einige Unglücksfälle dieser Art bei den Kesseln von Dampfböten gehörten offenbar in diese Kategorie. Wenn die Kessel nicht hinreichend sind, um ein Hinderniß zu überwinden, oder um eine dringende und unerläßliche Arbeit zu verrichten, so machen die Heizer ein Feuer auf Leben und Tod, wie sie es nennen, und daraus entstehen Explosionen, oder wenigstens sehr nachtheilige Unfälle. Eine scharfe Beaufsichtigung verhindert jetzt Ereignisse dieser Art, die ehemals häufig waren; allein das sicherste Mittel, um sie zu vermeiden, besteht darin, Apparate von hinlänglicher Kraft für alle möglichen Bedürfnisse zu haben; denn die Gefahr liegt nicht in der übermäßigen, sondern vielmehr in der zu geringen Kraft. Jeder erfahrene Maschinist und Heizer muß hiermit übereinstimmen. Außerdem findet auch ein sehr bedeutender Vortheil in Beziehung auf Brennmaterialersparung und in Beziehung auf die Dauer der Generatoren statt, wenn man ihnen bedeutende Oberflächen gibt. Jedes Quadratmeter Oberfläche braucht nur eine mäßige Arbeit zu verrichten und leidet daher weit weniger, und da der Rauch mit einer bedeutendern abkühlenden Oberfläche in Verbindung steht, so tritt er ihm einen größern Theil seiner Wärme ab, wodurch der Nutzeffect des Brennmaterials vermehrt wird.

Hall gibt jetzt auf die Pferdekraft 1,80 Quadratmeter, und bei den Cornwalliser Dampfkesseln geht man oft über 2 Quadratmeter Heizoberfläche hinaus.

Verhältnisse, welche bei den Dampfkesseln anzunehmen sind. Wir wollen daher mit Bestimmtheit das Verhältniß von $1\frac{1}{3}$ Quadratmeter Heizoberfläche für den Dienst der Maschinen von mittlerer Pressung und mit Condensation annehmen, deren Verbrauch nur 3 Kilogr. in der Stunde beträgt; allein bei den Hochdruckmaschinen, wo dieser Verbrauch nicht weniger, als 4 Kilogr. betragen und sich auf 5 Kilogr. erheben kann, sind wir überzeugt, daß wenigstens 1,50 Quadratmeter Heizoberfläche erforderlich ist. Man reducirt demnach die Menge der auf das Quadratmeter hervorgebrachten Dämpfe auf 16 oder 17 Kilogr., und man hat große Vortheile erlangt, gegen welche die geringe Erhöhung der Kosten auf die Dampferzeugung gewiß sehr unbedeutend ist.

Welche bleibenden Vortheile und welche Wohlthaten erreicht dadurch der Fabricant nicht wirklich! Der Heizer ermüdet weniger bei'm Schüren, und er kann daher seine Sorgfalt auf eine möglichst haushälterische Einrichtung der Feuerung richten. Die den Dampf aus einer nicht versiegenden Quelle schöpfende Maschine geht frei mit guter Geschwindigkeit und erleidet nie Verzögerungen; und diese für den Fabricanten so wichtigen Vortheile sind es ebenfalls für den Maschinenbauer, der, wenn er eine gute und mächtige Triebkraft geliefert hat, alles Interesse dabei hat, wenn ihre Leistungen höher sind, als er sich verbindlich gemacht, statt daß er, wie dies so häufig der Fall ist, sehen muß, wie sie Mangel an Dampf leidet. Der Fabricant seinerseits findet in der Brennmaterialersparung köstliche Hülfsmittel zur Verstär-

kung des Betriebs seiner Fabrik, oder er kann dadurch ihre Erwärmung bewirken.

Das Verhältniß von 1,50 Quadratmeter ganzer Heizoberfläche auf die Pferdekraft entspricht allen diesen Bedürfnissen.

Was nun die Maschinen von Niederdruck anbetrifft, so beträgt die von 1 Kilogr. Steinkohle hervorgebrachte Dampfmenge 6 Kilogr., statt 5 Kilogr., welche die Hochdruckkessel erfordern; auch ist das Verhältniß von 1,30 Quadratmeter ein gutes, obgleich es besser sein würde, es bis auf 1,80 Quadratmeter zu verstärken. Vergessen wir nie, sich daran zu halten, daß eine Maschine die gehörigen Leistungen machen muß.

Von dem Verhältnisse zwischen der mittelbaren und unmittelbaren Heizoberfläche. Es ist jedoch, sowohl für die Dampfproduction, als auch für Abdampfungskessel, nothwendig, genau zu wissen, welches mit einer Oberfläche und mit einer bestimmten Brennmaterialmenge die den vortheilhaftesten Nutzeffect gebende Dampfmenge sei, und folglich, was man ohne Nachtheil von einem Kessel verlangen dürfe. Endlich muß man auch wissen, welches das beste Verhältniß der direct der Einwirkung des Feuers ausgesetzten Heizoberfläche und der sei, welche diese Einwirkung nur indirect in den Canälen erhält, d. h., zwischen der directen und der ganzen Heizoberfläche.

Die erste Frage ist schon sorgfältig untersucht worden. Jedoch haben die Maschinenbauer, von der Praxis geleitet, seit mehreren Jahren begriffen, daß die Oberfläche der Siederöhren, d. h., die directe Heizoberfläche, zu gering sei, und sie haben daher ihren Kesseln bessere Verhältnisse gegeben. Wir entnehmen die genaue Lösung dieser beiden Fragen

der schönen Arbeit der Herren Gros-Davillier, Roman u. Comp. zu Wesserling im Elsaß.

Indem sie die schlechtesten und die besten erlangten Resultate miteinander verglichen, und den Einfluß des Ofens, der bei ihrer Arbeit, in Beziehung auf die Dampferzeugung, nicht sehr bedeutend war, unberücksichtigt ließen, fanden sie, daß der mit C bezeichnete Kessel, unter welchem man 7,40 Kilogr. Steinkohle auf das Quadratmeter ganzer Heizoberfläche und in der Stunde verbrannte, und bei welchem die directe Heizoberfläche nur 31 Procent von der ganzen Heizoberfläche betrug, nur eine Production von 4,93 Kilogr. Dampf auf 1 Kilogr. Steinkohle gegeben hat.

Auf der andern Seite hat man mit dem Kessel E (Taf. VII, Fig. 27), der bedeutend verlängert und vergrößert ist, und bei welchem der Steinkohlenverbrauch auf 4,60 Quadratmeter vermindert und das Verhältniß der directen zu der ganzen Heizoberfläche bis auf 65 Procent erhoben worden ist, eine Verstärkung der Dampfproduction erreicht, die in einem Durchschnitte von einem 11tägigen Betriebe, 6,27 Kilogr. beträgt. Nehmen wir die Verhältnisse dieses Kessels als Regel an, so finden wir, daß das Verhältniß zwischen der directen und der ganzen Heizoberfläche 60—65 Proc., daß die mittlere Dampfproduction 29,50 Kilogr. auf das Quadratmeter, oder 50 Kilogr. beträgt, wenn man nur die directe Oberfläche rechnet. Bei den Locomotivenkesseln werden wir weiter unten sehen, daß die Oberfläche, welche die strahlende Wärme der verbrennenden Coaks erhält, weit mehr Dampf producirt, als die Röhrenoberfläche, welche der directen Einwirkung der Flamme ausgesetzt ist.

Wir nehmen demnach an, daß ein mit guten Verhältnissen construirter Generator wenigstens 60

Procent Heizoberfläche haben muß, welche 25—30 Kilogr. Dampf auf das Quadratmeter und in der Stunde, sowie einen Nutzeffect von 6,27 Kilogr. hervorzubringen vermag; ein sehr vortheilhaftes Resultat. Mehrere Hochdruckkessel von Eisenblech, die von uns angefertigt worden sind, haben einen Nutzeffect von 5,40—5,50 gegeben.

Der Dampfkessel, den wir für die Flachsspinnerei von Gerville, im Departement der untern Seine, geliefert haben, ist nach dem Verhältnisse von 5 Kilogr. Steinkohle auf das Quadratmeter berechnet, und das Verhältniß der directen Oberfläche zu der ganzen Heizoberfläche beläuft sich auf 57 Procent. Es sind dies gute Verhältnisse, die mit einem gehörig eingerichteten Ofen auch gute Resultate geben müssen.

Von der geringen Production der Canäle. Der Kessel C, welcher zu Wesserling so geringe Resultate gegeben hat, hat demnach eine zu geringe ganze und eine zu geringe directe Heizoberfläche. Bei einem gut proportionirten Kessel wird der bedeutendste Theil des Nutzeffectes durch die directe Oberfläche hervorgebracht, und der übrige in dem ersten Canale. Unten in der Esse verläßt der Rauch den Kessel nach dem zweiten Umgange, mit einer Temperatur, die zwischen 350 und 400° C. schwankt. Man kann sich leicht Rechenschaft von dem geringen Nutzeffect der Heizoberfläche in den Canälen geben.

Nehmen wir an, daß die mittlere Temperatur der durch die Canäle strömenden Luft 500° betrage, wogegen die eines Heerdes mit einer lebhaften Verbrennung etwa 2000° beträgt. Die Temperatur des Dampfes von 3 Atmosphären, wie man ihn gewöhnlich bei den Maschinen von mittlerer Pressung gebraucht, ist gleich 138°. Demnach beträgt der Temperaturunterschied des Heerdes und des Wassers im

Kessel 1862°, und der Unterschied zwischen dem Rauche bei'm Ausströmen aus den Canälen und dem Wasser im Kessel beträgt nur 362° oder fünfmal weniger.

Nun ist die Wärmemenge, welche durch eine gegebene Oberfläche geht, fast proportional der Temperaturdifferenz beider Mittel; es ist demnach die Arbeit jedes Quadratmeters von dem Kessel in den Canälen fünfmal geringer, als bei directer Einwirkung des Feuers. Da nun die Heizoberfläche der Canäle senkrecht, wogegen die der directen Oberfläche horizontal ist, und da übrigens die Strahlung außerdem noch $\frac{1}{3}$ von der ganzen, vom Brennmaterial entwickelten Wärme vertheilt, so wird man begreifen, daß die Production der Canäle sich nicht über $\frac{1}{7}$ oder $\frac{1}{8}$ von der directen Oberfläche erheben darf, d. h. wenn im Durchschnitt 1 Quadratm. directer Oberfläche 40 bis 45 Kilogr. Dampf in der Stunde gibt, 1 Quadratm. indirecter Heizoberfläche 5 oder 6 Kil. geben muß. Diese Zahl kann nicht weit von der Wahrheit entfernt sein, denn sie stimmt hier mit den Resultaten des Kessels E überein, von denen wir weiter oben geredet haben und gibt als ganze Production 28 – 30 Kilogr.; sie steht auch in vollkommener Uebereinstimmung mit einem Versuche des Herrn Péclet, der 9 Kilogr. Dampf von einem Quadratmeter Kupfer, d. h., von einer horizontalen Oberfläche, erhielt, unter welcher er einen Luftstrom von 500° circuliren ließ. Mit Brennmaterialien, die eine lange Flamme geben, ist die Production in den Canälen weit bedeutender.

Man sieht leicht ein, daß, wenn die directe Oberfläche im Verhältnisse zu der ganzen zu klein ist, sie nur einen geringen Theil der entwickelten Wärme absorbiren könnte; die Flamme würde alsdann noch mit einer sehr hohen Temperatur in den ersten Canal strömen, welcher dadurch eine Art von Verlän-

gerung der directen Oberfläche bilden würde. Wenn diese directe und die ganze Oberfläche im Verhältnisse zu der Menge des zu verbrennenden Brennmaterials zu gering sind, so muß jedes Quadratmeter der Heizoberfläche eine viel zu große Wärmemenge aufnehmen und durchlassen, und in beiden Fällen würde der Nutzeffect des Brennmaterials bedeutend vermindert werden. Jedoch bietet der Mangel einer directen Oberfläche, die hinreichend wäre, um den größten Theil der von dem Heerde unter einer horizontalen Oberfläche entwickelten Wärme zu absorbiren, auch noch eine wirkliche Gefahr dar, welche darin besteht, daß die noch zu starke Flamme, indem sie in die Canäle eindringt, sehr oft das Metall der senkrechten Wand verbrennt, hauptsächlich an dem Orte, wo die Ecke des Canals sie auf den Kessel zurückströmen läßt, so daß sie auf denselben stechend, wie eine Löthrohrflamme, wirkt.

Zwei Kessel zu Wesserling. Wir wollen als Beispiel die Anwendung dieser Principien auf die beiden Kessel zu Wesserling anwenden.

1) Kessel mit drei Sieteröhren und mit guten Verhältnissen:

Steinkohlen	4,67 Kil.	auf das Quadratmeter Heizoberfläche.
Dampf in der Stunde	29,50 „	

Ganze Dampfmenge in einer Stunde	787 Kil.
Directe Oberfläche 18,40 Quadratmeter à 38 Kil.	703 „
Indirecte Oberfläche 11,50 Quadratmeter à 7 Kil.	80 „
Ganze Dampfmenge	783 Kil.

2) Kessel mit schlechten Verhältnissen:

Steinkohlen . .	7,48 Kil.	auf das QM. der Heizoberfläche.
Dampf . . .	35,50 „	

Ganze Dampfmenge 617 Kil. in der Stunde.

Directe Oberfläche 5,40 Quadratmeter à 60 Kil. . . . . . . 324 Kil.
Oberfläche des ersten Canals 6 QM. à 40 Kil. . . . . 240 Kil.
Oberfläche des zweiten Canals 6 QM. à 8 Kil. . . . . . . 48 Kil.
Ganze Dampfmenge 612 Kil.

Anzunehmende Verhältnisse. Das Commitié der Gewerbsgesellschaft zu Mühlhausen, im Elsaß, hat 30—35 Kilogr. als die vortheilhafteste Dampfproduction auf das Quadratmeter der Heizoberfläche angenommen.

Was uns anbetrifft, so rathen wir, in Folge aller dieser Erörterungen, den Maschinenbauern, auf nie mehr, als höchstens auf einen Steinkohlenverbrand von 4 oder 5 Kilogr. auf das Quadratmeter ganzer Heizoberfläche zur Production von 20—25 Kil. Dampf in der Stunde zu rechnen, sowie auch die directe Oberfläche nie unter 60—65 Procent von der ganzen Oberfläche einzurichten.

Production der Generatoren auf den Dampfschiffen. Was nun die Generatoren der Dampfschiffe und der Locomotiven betrifft, so müssen wir, weil bei diesen der Kessel auch den Ofen bildet, auf die, diesen Apparaten besonders gewidmeten, Artikel verweisen, welche weiter unten folgen werden.

Um jedoch die Thatsachen zu vervollständigen, die sich auf die von den verschiedenen Kesseln erzeugten Dampfmengen beziehen, so theilen wir hier nur ganz einfach die folgenden Resultate mit: Bei einem Dampfbootkessel, bei welchem die Oberfläche nicht be-

schränkt ist, wie bei den Locomotiven, beträgt die mittlere Dampferzeugung 33—35 Kilogr. auf das Quadratmeter Oberfläche, und der Steinkohlenverbrauch beträgt 6—7 Kilogr. Die Einrichtung der Apparate gestattet es nicht, die directe Oberfläche scharf zu trennen, allein sie ist sehr bedeutend.

Production der Locomotiven-Generatoren. Bei den Locomotiven beträgt der Coaksverbrauch 8—10 Kilogr., und die mittlere Dampfproduction 45—50 Kilogr. auf das Quadratmeter ganzer Heizoberfläche; und das, was die Folgerungen bestätigt, zu denen wir weiter oben über die Production der directen und indirecten Oberflächen gelangt sind, ist, daß ein Versuch von Robert Stephenson für die Einheit der directen Oberfläche, welche die Wirkung der Strahlung aufnimmt, eine dreimal größere Verdampfung angenommen hat, als für die Einheit der indirecten Oberfläche der Röhren. Demnach erhebt sich die Production der directen Oberfläche auf 120 Kilogr. und die der indirecten Röhrenoberfläche, welche ebenfalls die ganze Einwirkung der Flamme aufnimmt und folglich ebenso stark erhitzt wird, als der Boden eines gewöhnlichen Kessels, beträgt nur 40 Kilogr.

Von der größten Production, die eine Kesseloberfläche gewähren kann. Die Production von 120 Kilogr. auf das Quadratmeter, welche im Allgemeinen bei den directen Versuchen bestätigt worden ist, die der Graf Pambour unmittelbar an 12 Locomotiven angestellt hat, ist nicht das Maximum der Dampferzeugung auf ein Quadratmeter, welches man kennt. Die von Herrn Clément Desormes wiederholten Versuche des Herrn Christian hatten nur 100 Kilogr. gegeben; allein es sind diese Resultate weit unter der Wahrheit. Man kann, wenn der Dampf eine Strömung hat,

und wenn die Luft weit vorgeschritten ist, mehr, als 150 Kilogr. Dampf in der Stunde und auf das Quadratmeter verdichten.

Verhältniß der Heizoberfläche zu der ganzen Oberfläche. Es ist jetzt nöthig, im Allgemeinen zu bemerken, daß zur Erlangung eines hinlänglichen Raums für den Dampf und eines hinlänglichen Vorraths von demselben, man der Heizoberfläche etwa $\frac{3}{5}$ von der ganzen Kesseloberfläche gibt. Endlich hängt die Art und Weise der Berechnung der Heizoberfläche in Wahrheit von der Construction des Ofens ab; allein die Art und Weise, welche wir bei unsern Arbeiten angenommen haben, besteht darin, als Heizoberfläche $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ von der Oberfläche der Sieder̈öhren zu rechnen, sowie auch die Hälfte von der Kesseloberfläche, und endlich die ganzen Hälse. Wirklich ist der obere Theil der Siederöhren, selbst wenn er in dem Heerde befindlich ist, sehr bald mit Asche bedeckt und dient nicht zur Feuerung.

Dieses Verhältniß gewährt dem Fabricanten vollkommene Sicherheit, und wir wünschen, daß es von den Maschinenbauern als Regel angenommen werden möchte.

Mit diesen Angaben, denen sowohl Maschinenbauer, als Fabricanten, volles Vertrauen schenken können, wird es leicht sein, die Dimensionen eines Kessels zu bestimmen, der eine verlangte Wirkung hervorbringen soll, mag übrigens seine Verwendung sein, welche sie wolle, und man wird seine Production, wie auch seinen Brennmaterialienaufwand stets im Voraus zu bestimmen im Stande sein. Umgekehrt wird es einem Fabricanten leicht sein, zu untersuchen, ob die von ihm benutzten Apparate gute Verhältnisse haben, oder ob sie ohne Nachtheil einen stärkern Betrieb ertragen können, und ob die Kessel,

welche ihm der Maschinenbauer geliefert hat, die zu einem guten Gang erforderlichen Bedingungen erfüllen.

So hat, z. B., der Kessel von 30 Pferdekräften, von welchem wir schon redeten, einen Durchmesser von 1 Meter und eine ganze Länge von 9,30 Meter.

Seine beiden Siederöhren sind lang, 9,80 Meter und haben im Durchmesser 0,54 Meter.

Wir haben demnach:

Ganze Kesseloberfläche 28 Quadratmeter, wovon 50 Proc. indirecte Heizoberfläche	14 QM.
Ganze Oberfläche der Siederöhren 33,30 Quadratmeter, von denen 75 Prc. directe Heizoberfläche	25 „
Ganze Heizoberfläche für 30 Pferdekräfte, à 1,30 QM. Oberfläche auf die Pferdekraft	39 QM.

Auswahl des Metalles. Sowie wir schon gesagt haben, werden gußeiserne Kessel gar nicht mehr angefertigt. Es gibt einige, die mit Siederöhren von Eisen- oder Kupferblech versehen, und die in einem sehr vortheilhaften Betriebe sind, aber alle Kessel, welche man jetzt anwendet, werden aus Kupfer-, oder, weit allgemeiner noch, aus Eisenblech angefertigt.

Kupferne Kessel mit Siederöhren. Diese Kessel haben mehrere bemerkenswerthe Eigenschaften; sie haben eine unverhältnißmäßig längere Dauer, als die von Eisenblech. Bei einem zu heftigen Drucke, selbst wenn derselbe sehr plötzlich eintritt, reißen sie auf, statt zu zerspringen und eine Explosion zu veranlassen, da das Metall weit weicher ist. Wir wollen jedoch nicht behaupten, daß

mit kupfernen Kesseln Explosionen gänzlich unmöglich seien, was falsch sein würde; jedenfalls kommen sie aber bei denselben weniger und in nicht so gefährlichem Maße vor. Sind sie unbrauchbar, so behalten sie etwa noch 60 Procent ihres ursprünglichen Werthes, während altes Eisenblech 90 pCt. verliert. Endlich bildet sich in kupfernen Kesseln nur schwierig Kesselstein, und er findet sich gewöhnlich nur in schlammigem Zustande in demselben.

Auf der andern Seite ist der Einkaufspreis der kupfernen Kessel weit bedeutender und, wegen der geringern Steifigkeit des Metalles, darf man nur diejenigen Formen anwenden, welche dem innern Druck und hauptsächlich auch dem äußern, wenn eine Luftleere entstanden ist, am Besten widerstehen.

Die beiden Dampfkessel im Palaste des Instituts zu Paris. Einer von uns (Grouvelle) hat im Palaste des Instituts zur Dampfheizung zwei vollkommen ähnliche Kessel, sogenannte Kofferkessel, mit etwas concavem Boden, den einen von Eisen- und den andern von Kupferblech, eingerichtet. Beide sind seit 12 Jahren abwechselnd im Betriebe gewesen, ohne daß sie Unfälle erlitten, noch Reparaturen veranlaßt hätten. Der Heizer hat nie eine merkliche Differenz bei ihrem Betriebe wahrnehmen können, es sei dies nun in einer leichteren Feuerung, oder bei der Dampfproduction, oder bei'm Brennmaterialverbrauche, oder bei dem Unterhalt. Es ist nur einmal vorgekommen, daß eine augenblickliche Vermehrung des Drucks, die sich selbst nicht über eine halbe Atmosphäre erhöhen konnte, den concaven Boden des kupfernen Kessels etwas heraus und convex gedrückt hat. Seit 10 Jahren hat dieser Kessel auf diese Weise eine Form angenommen, welche einen größern Widerstand leistet, ohne anderer Reparaturen zu bedürfen, als das Verdichten einer

Fuge, welche diese Bewegung etwas geöffnet hätte; seitdem hat er aber seinen Dienst, wie vorher, gethan. Die einzige wahrgenommene Verschiedenheit liegt darin, daß sich in dem kupfernen Kessel kein eigentlicher Kesselstein bildet.

Die kupfernen Kessel, besonders die mit hohem Drucke, werden sehr stark von dem in der Steinkohle enthaltenen Schwefel angegriffen. Dies kann sehr nachtheilig werden, weil sich das zu stark erwärmte Kupfer verändern und spröde werden würde, wenn man es vernachlässigte, den Kessel von den Schlammniederschlägen zu reinigen.

Bessere Gestalt des kupfernen Kessels. Man muß demnach soviel, als möglich, bei der Anwendung von Kupfer, den Kesseln eine cylindrische Gestalt geben und ihn mit Sieteröhren versehen, deren geringerer Durchmesser dem Widerstande günstiger ist. Ist es aber erforderlich, den aus Kupfer angefertigten Dampfkesseln eine andere, als die cylindrische Form zu geben, wie in manchen Fabriken chemischer Producte, wo das Eisenblech angegriffen wird, oder wie auf Locomotiven und zuweilen auch bei Dampfböten, so muß man dahin sehen, den Wänden durch Verankerungen und Bolzen eine größere Steifigkeit zu geben.

Von den eisenblechernen Kesseln. Obgleich sich das Eisenblech aufblättert und sehr leicht im Feuer verbrennt, und obgleich es oft fehlerhaft ist, so sind die daraus angefertigten Kessel dennoch sehr brauchbar, besonders, wenn man nur Blech anwendet, welches aus mit Holzkohlen gefrischtem Eisen und in großen Tafeln angefertigt worden ist. Mit der größten Sorgfalt ausgeführt, sind diese Kessel sehr fest, und ihr weit geringerer Ankaufspreis gleicht, wenn man die Interessen rechnet, den weit

größern Verlust bei ihrem Wiederverkauf vollkommen aus.

Vergleichung des Preises kupferner und eisenblecherner Kessel. Ein eisenblecherner Kessel mit Siederöhren und von 16 Pferdekräften, der auf einen Druck von 4 Atmosphären berechnet ist, wiegt ohngefähr 2800 Kilogr. und kostet à Kilogr. 1 Franken = 2800 Fr. Nehmen wir an, daß er in 20 Jahren zweimal neu gemacht werden müsse, welches viel ist, denn bei einer zweckmäßigen Reinigung ist die Abnutzung fast gar nichts, und wenn ein Unfall vorfällt, so trifft er die Siederöhren, von denen man die verbrannten Tafeln auswechselt.

Ankaufspreis	2800 Fr.
Zinsen von 10 Jahren à 6 pCt. . .	1680 „
Kosten des Kessels nach 10 Jahren	4480 Fr.
Verkaufspreis à 15 Cent. die Kil.	420 „
Verlust in 10 Jahren	4060 Fr.
Derselbe Kessel von derselben Stärke, von Kupferblech, wird 3000 Kil. wiegen, à 3,60 ~~Cent.~~ Fr.	10800 Fr.
Zinsen auf 20 Jahr à 6 pCt. . .	12960 „
Kosten des Kessels nach 20 Jahren	23760 Fr.
Verkaufspreis, 60 pCt.	6600 „
Verlust in 20 Jahren	17160 Fr.
Verlust bei einem blechernen Kessel, angenommen, daß er zweimal in 20 Jahren ausgewechselt worden sei	8120 Fr.

Wenn es demnach die Bedürfnisse der Fabrik nicht durchaus erfordern, so muß man stets blecherne Kessel wählen, welche vortreffliche Dienste leisten.

Gewicht der Kessel. Es wird nicht ganz unnütz sein, hier das detaillirte Gewicht verschiedener Theile eines Kessels anzugeben, der mit Sieveröhren versehen ist.

Kessel von 30 Pferdekräften zu Serville mit 37 Quadratmeter Heizoberfläche.

Kessel und Sieveröhren, auf einen Druck von fünf Atmosphären berechnet, 10½ Millimeter stark, Gewicht . . .	6665 Kil.
Sicherheitsventil	250 =
Nebentheile, als Schwimmer, Thüren, Roste, Platten zur Bekleidung des Ofens	955 =
Ganzes Gewicht	7870 Kil.

Die Kesselschmiede rechnen, daß mit Nieten und Bedeckungen Kessel und Sieveröhren auf das Quadratmeter und auf jedes Millimeter Dicke 10 Kilogrammen wiegen. Die Nebentheile wiegen 18 bis 20 pCt. von dem ganzen Gewichte.

Das Gewicht der Kessel ist im Wesentlichen, bei gleicher Stärke, ihrer Kraft proportional.

Von den Oefen.

Nothwendigkeit guter Oefen. Zur Erlangung guter Resultate ist es nicht allein erforderlich, einen Generator von zweckmäßigen Dimensionen und Verhältnissen zu haben, sondern man muß auch die Wirkung des zu verbrauchenden Brennmaterials dabei so anwenden, daß man alle zu der zu vollbringenden Arbeit erforderlichen Bedingungen erfüllen und zu gleicher Zeit den größtmöglichen Nutzeffect von dem angewendeten Brennmaterial erreichen kann. Dennoch überlassen noch viele Maschinenbauer, welche das System, die Einrichtungen und

die Ausführung ihrer Maschinen sehr genau studiren, die Construction des Kessels dem Kesselschmied und dem Monteur, d. h., dem Werkmeister, welcher die Aufstellung der Maschine besorgt, oder einem einseitigen und empirischen Feuerbaumeister, den Bau des Ofens. Manche Fabriken verlassen sich in dieser Beziehung gänzlich auf einen Maurer, dem es, bei aller möglichen Geschicklichkeit, dennoch an theoretischen Kenntnissen und an Erfahrung über den Feuerbau mangelt, so daß es unmöglich von ihm verlangt werden kann, die für jeden vorliegenden Fall und nach der Oertlichkeit zu modificirenden zweckmäßigsten Einrichtungen zu machen; und dennoch kann es ohne einen guten Ofen gar keine gute Dampfmaschine geben. Sei die Benutzung des Feuers, welche sie wolle, diene sie zur Abdampfung, Verdampfung, Destillation oder Calcination, so läßt sich nur ein schlechter Betrieb erwarten, wenn der Ofen schlecht ist; die Processe werden verzögert, die Producte werden schlecht und der Brennmaterialverbrauch kann zuweilen verdoppelt werden.

Fortschritte des Feuerbaues. In neuerer Zeit ist eine große Aufmerksamkeit auf diesen wichtigen Gegenstand verwendet worden, und besonders hat auch das Werk des Herrn Péclet über die Wärme und deren Benutzung *) viel dazu beigetragen, richtige Grundsätze darüber zu verbreiten. Einige Fabriken chemischer Producte erbauten ihre Oefen nach guten Regeln; allein fast überall rührten die eingeführten Einrichtungen und Dimensionen von englischen Maschinisten und Monteurs her. Nun muß man aber die Regeln für eine haushälterische und vollkommene Benutzung des Brennmaterials nicht

*) S. Bd. 142 dieses Schauplatzes, welches Péclet's Grundsätze der Feuerungskunde enthält.

in einem Lande suchen, wo dasselbe geringe Preise hat, wie es in England der Fall ist. Wir glauben bei dieser guten Umwälzung Vieles beigetragen zu haben, und es sind seit 1830 sehr viele Oefen in großen Werkstätten in Frankreich, in Belgien, nach unsern Grundsätzen eingerichtet worden.

Arbeiten der Aufmunterungsgesellschaft. Die Gesellschaft zur Aufmunterung der Gewerbe zu Paris (die erste aller Gewerbsgesellschaften, wenigstens auf dem Festlande, die ihren Zweck stets ruhmwürdig verfolgt hat) hat bedeutende Preise auf die Einrichtung zweckmäßiger Feuerungen gesetzt und hat daher sehr schöne Versuche veranlaßt. Die Oefen und Feuerungsanlagen, mit denen wir uns hier speciell zu beschäftigen haben, nämlich die zur Erzeugung des Dampfes von verschiedenem Druck, gehören in diese Kategorie; es muß dabei der Rauch durch die Arbeit so lange abgekühlt werden, als es die Nothwendigkeit eines guten Zuges gestattet.

Nachdem wir allgemeine Grundsätze über die Construction dee Oefen aufgestellt haben, wollen wir in genaue Einzelnheiten über dieselben eingehen. Wir werden demnach von den Feuerungen für Dämpfe von niederem und hohem Drucke; von der Verdampfung in blechernen oder kupfernen, oder auch in bleiernen Kesseln, von den Feuerungen und Kesseln der Dampfböte und Locomotiven, sowie für einige besondere Apparate, wie die von Lemare und vom Baron Séguier, reden. Wir werden auch einige Worte über die Oefen von hoher Temperatur sagen, bei denen die Flamme unmittelbar in die Esse entweicht, nachdem sie eine Wirkung geleistet hat, die stets nur ein geringer Theil von ihrem Nutzeffect ist. Endlich werden wir das Mittel an die Hand geben, die Leistungen von einer jeden Art dieser Oefen zu erkennen, die unvermeidlichen Verluste, welche sie ver

anlassen, sowie die Mittel zur Benutzung dieser verlornen Wärme, und folglich die Anwendung von Lufterhitzungs- oder Dampferzeugungsapparaten bei verschiedenen Arten von Oefen.

Bedingungen, welche eine gute Feuerung erfüllen muß. Es sind dieselben folgende:

1) Es muß darin eine hinreichende Brennmaterialmenge verbrannt werden können, um der Maschine den hinlänglichen und eher mehr Dampf liefern zu können, als sie gebraucht.

2) Der Zug muß so stark und lebendig sein, daß das Brennmaterial bei der höchsten Temperatur verzehrt wird und den größten Nutzeffect gibt.

3) Das Brennmaterial muß vollständig verbrannt werden, also namentlich keinen Rauch geben, ausgenommen in dem Augenblicke, wenn geschürt wird.

4) Der Rauch muß nur dann entweichen, wenn er bis auf 300 oder 350° abgekühlt worden ist, und wenn er von seiner Temperatur nichts mehr verlieren kann, ohne daß er dadurch den Zug vermindert.

5) Die Feuerung muß die Möglichkeit einer leichten Reinigung an allen Puncten zulassen.

6) Sie muß hinreichend dicke Wände haben, oder geeigneten Schutz gegen Abkühlung und Wärmeverlust gewähren.

7) Sie muß mit Apparaten zum Reguliren des Feuers und zum Abschlusse der ganzen Feuerung, wenn der Betrieb eingestellt werden soll, versehen sein, und es müssen dieselben leicht gehandhabt werden können.

Ueberschuß der Kraft, welche die Oefen haben müssen. Die drei ersten Bedingungen enthalten fast alle Grundsätze der Ofenconstruction. Wir wollen ihnen daher zur Vermeidung jeder Schwierigkeit eine hinreichende Entwickelung geben; wir

wollen dabei hauptsächlich auf die Nothwendigkeit hinweisen, den Oefen eine größere Kraft zu geben, als es, genau genommen, ihr gewöhnlicher Dienst erfordert. Es ist klar, daß die erste Bedingung, die ein Apparat zu erfüllen hat, darin besteht, den Bedürfnissen, die er zu erfüllen hat, nicht allein zu genügen, sondern auch noch mehr zu thun, es bestehe nun dieser Dienst in einer Destillation, in einer Concentration, oder in der Dampferzeugung; denn alle unvorhergesehenen Umstände vermindern die Leistung der Feuerung, oder die Production des Apparats; keiner erhöht sie. Es ist demnach stets leicht, die Kraft eines Ofens und seinen Zug zu vermindern, niemals aber ihn zu vermehren.

Man hat den Vorschlag gemacht, Oefen zu construiren, welche genau die für jede Maschine erforderliche Dampfmenge geben, ohne darüber hinauszugehen. Man hat dabei den Zweck zu erreichen gesucht, jede außerordentliche Erhöhung des Drucks, jeden Umstand, der eine Explosion herbeiführen könnte, zu vermeiden, ohne jedoch zu bedenken, daß diese Vermehrung des Drucks jedesmal dann unvermeidlich erfolgt, wenn man die Maschine momentan aufhält, und daß sie alsdann ganz besonders sehr gefährlich sein kann. Wirklich ist es sehr selten, daß die Spannung des Dampfes, während des Betriebs der Maschine, bedeutend zunimmt.

Es darf gar nicht in Zweifel gezogen werden, daß es für einen Fabricanten, der über seine Maschine so disponiren darf, daß durchaus kein Zeitverlust veranlaßt werde, von der höchsten Wichtigkeit ist, nach Erfordern seine Feuerung zu verstärken und sich diese Quelle im Voraus zu sichern. Die Dampfmaschinen-Fabricanten wissen aus Erfahrung, daß einer der Fehler, über welchen sich die Dampfmaschinen-Besitzer am Meisten beklagen, der ist, daß sie nach-

lassen und eine geringere Leistung haben, weil mit einer matten Maschine, oder mit einer nicht gehörig gereinigten Esse, der Ofen nicht soviel Dämpfe geben kann, selbst um den Preis eines weit größern Brennmaterialienverbrauchs, und daß dadurch bis dahin, daß diese Reinigung oder die Wiederherstellung der Maschine bewirkt werden kann, der Betrieb der Fabrik leiden muß. Wir werden weiter unten die Mängel der Maschine oder des Ofens angeben, deren Reparatur man nie aufschieben darf. Es muß auch noch hinzugefügt werden, daß, wegen zu geringer Wirkung der Oefen, viele Maschinen nicht ihre ganze Geschwindigkeit erlangen, nicht ihre ganze Leistung thun können.

Bestandtheile eines Ofens; sein Princip. Eine jede Dampfkesselfeuerung zerfällt in drei Haupttheile:

Den Feuerraum, in welchem die Verbrennung stattfindet;

die Canäle, welche die Verbrennung, Flamme, Rauch und auch unzersetzte Luft in

den Schornsteinen, oder die Esse, führen, deren Zweck es ist, jene Producte abzuführen und die zum Verbrennen erforderliche Luftströmung zu bewirken.

Die Brennmaterialienmenge, welche, z. B., in einer Stunde auf dem Roste verbrennen kann, hängt demnach offenbar von der Luftmenge ab, welche denselben durchströmt, und folglich von der Geschwindigkeit des Luftstroms, welchen die Esse hervorbringt.

Verkleinerung des Rostes. Wenn man die Rostoberfläche und den freien Durchgang durch dieselbe um die Hälfte verkleinert, so wird, wie es bei einem Wasserstrome der Fall ist, dem man ein Hinderniß entgegensetzt, auch der Luftstrom, der durch

die Esse angesaugt und getrieben wird, zum Hindurchströmen durch den Rost eine doppelte Geschwindigkeit annehmen, und endlich, wenn der Geschwindigkeit der Strömung in der Esse genügt ist, so wird fast immer dieselbe Luftmenge durch den Rost gehen, mit Ausnahme der Verminderung, welche von dem Widerstand in den verengten Durchgängen stattfindet. Strömt eine gleiche Luftmenge, mit doppelter Geschwindigkeit, durch eine halb so geringe Brennmaterialienmenge, so wird auf diesem Punct eine weit stärkere Verbrennung bewirkt werden. Die Temperatur des Heerdes wird sich sehr heben; allein es wird dieselbe Brennmaterialmenge stets in derselben Zeit und mit derselben Luftmenge verbrannt werden.

Vergrößerung des Rostes. Wenn man dagegen mit denselben Canälen und mit derselben Esse einen Rost mit doppelt so großer Oberfläche anwendet, so wird die Luftmenge, welche in einer Stunde hindurchströmt, offenbar nicht verändert werden; allein sie wird einen doppelt so großen Querschnitt mit einer um die Hälfte geringern Geschwindigkeit und mit einer auf jedem Punct um die Hälfte geringern Menge durchströmen. Wenn die Luft dieselbe Steinkohlenschicht trifft, so wird sie eine langsame Verbrennung und einen weit geringern Temperaturgrad veranlassen; allein, kurz, es wird in diesem dritten Falle noch auf dem ganzen Rost und fast in derselben Zeit, dieselbe Steinkohlenmenge verbrannt werden, als in dem ersten und zweiten Fall, indem dieselbe Luftmenge hindurchströmen wird.

Von dem Durchschnitte der Canäle. Es ist ganz klar, daß das beste den Canälen zu ertheilende Verhältniß, um in einer Stunde die ganze Brennmaterialmenge zu verzehren, welche die Dimensionen und die Temperatur der Esse gestatten, ein Durchschnitt ist, der dem der Esse überall gleicht,

ohne irgend eine Verengung zu haben. Es sind dies ähnliche Bedingungen, sowie sie eine Wasserleitung erfordert, um alles das hindurchströmen zu lassen, was ihr Durchmesser, ihre Länge und der bewegende Druck gestatten. Jede Verengung, jedes Hinderniß, jede starke Biegung in den Canälen wird dem Strome hinderlich sein, wird die Geschwindigkeit der Luft und das in einer Stunde ausgeströmte Volum mehr oder weniger vermindern, folglich auch die verzehrte Brennmaterialmenge und die Temperatur der Verbrennung. In Canälen, die weiter sind, als die Esse, wird der Luftstrom an Geschwindigkeit verlieren und wird in den Erweiterungen und Verengungen, die aufeinanderfolgen, einen bedeutenden Theil seiner wirklichen Kraft einbüßen. Und mehr noch, die Verzögerung, welche er an diesen Puncten erleiden wird, veranlassen dort einen Absatz von Ruß und Asche. Mit einem Wort, es sind dieselben Erscheinungen, wie bei den Erweiterungen einer Wasserleitung, welche auch jeder geschickte Architect zu vermeiden sucht. Und außerdem würden sich, bei einer zu geringen Geschwindigkeit in den Canälen, in der Rauchsäule selbst senkrechte Strömungen und Schichten von ungleicher Temperatur bilden, die nach Oben zu die wärmsten sind. Es würde daraus folgen, daß der unten in den Canälen mit kalter Luft in Berührung stehende Kessel nicht mehr so wirksam sein würde, so daß die Heizoberfläche und die Wirkung des Brennmaterials vermindert werden müßten.

Nehmen wir andererseits an, daß man ohne Veränderung des Rostes den Querschnitt der Esse und der Canäle verdoppele, so wird, da die Temperatur in denselben sich gleichbleibt, die Geschwindigkeit der Strömung ebenfalls noch der vorhergehenden gleich sein. Die Esse wird demnach eine dop-

pelte Luftmenge verbrauchen und durch den Rost strömen lassen; allein, da der Rost nicht verändert ist, so wird die Geschwindigkeit durch denselben verdoppelt und die Menge, sowie die Temperatur der Verbrennung werden bedeutend vermehrt worden sein.

Kurze Wiederholung der aufgestellten Grundsätze. Wenn wir die vorhergehenden allgemeinen Grundsätze deutlich auseinandergesetzt haben, so wird man in denselben die ganze Theorie der Feuerungen finden, wie sie Herr d'Arcet aufgestellt hat. Man wird sogleich die Functionen und den Einfluß eines jeden der auf diese Weise zerlegten Theile eines Ofens auffassen; man wird daraus die wichtigsten Folgerungen ziehen, und man wird sie ohne alle Mühe auf alle Erscheinungen anzuwenden vermögen, welche täglich die Gewerbe darbieten.

Diese Grundsätze lassen sich auf folgende Weise zusammenfassen:

Die Esse bestimmt durch ihre Dimensionen die Menge des zu verzehrenden Brennmaterials, und diese kann durch Verengung in den Canälen vermindert werden. Die Dimensionen des Rostes vermehren oder vermindern die Lebhaftigkeit und die Temperatur der Verbrennung; allein wenn sie gehörige Verhältnisse haben, so zeigen sie nur einen geringen Einfluß auf die in einer gewissen Zeit verbrannte Menge.

Um demnach eine beliebige Brennmaterialmenge zu verbrennen, muß man der Esse und den Canälen die erforderlichen Dimensionen geben; und um die Temperatur und die Art der Verbrennung zu reguliren, muß man den Rost in dem Maße verkleinern, als man eine höhere Temperatur nöthig hat und

sie im Gegentheile vermehren, wenn eine niedrigere Temperatur und eine langsamere Verbrennung erforderlich sind. Nachdem wir diese verschiedenen Functionen auf diese Weise unterschieden haben, wollen wir zuvörderst die Dimensionen untersuchen, welche man der Esse und den Canälen geben muß, um in den Oefen, von denen wir reden, die in einer Stunde erforderliche Brennmaterialmenge zu verbrennen.

Oeffnung der Esse und der Canäle. Um den drei ersten Bedingungen zur Einrichtung eines guten Ofens zu genügen, d. h., um völlig ohne Rauch und auf die vortheilhafteste Weise eine beliebige Brennmaterialmenge zu verzehren, muß man den Canälen und der Esse eine bestimmte Oeffnung geben. Die gewöhnlich von den Architecten angenommene ist nicht groß genug, um eine vollständige Verbrennung, sowie sie der Ofen erfordert, zu bewirken; es entsteht alsdann ein dicker Rauch, der einen steten Kohlenverlust verursacht; man erlangt eine langsame Verbrennung bei einer niedrigen Temperatur, und der Nutzeffect des schlechtverzehrten Brennmaterials ist weit geringer. Macht man die Esse und die Canäle weiter, so wird die Lebhaftigkeit des Zuges und der Verbrennung vermehrt; die Verbrennung wird vollständig, d. h., ohne Rauch, und alle gebrauchte Kohle wird in Kohlensäure verwandelt, ohne daß Kohlenoxyd oder gekohltes Wasserstoffgas entstehen, welches die vortheilhafteste Bedingung für den größten Nutzeffect der Oefen ist. Man hat durch die Berechnung die vortheilhaftesten Dimensionen zu bestimmen gesucht, und auf diese Weise dasjenige verbessert, was die Erfahrung und die Praxis noch Mangelhaftes und Ungewisses hatten. Hr. Péclet (Feuerungskunde, Bd. 142 des Schauplatzes, Seite 69 ff.) ist zu Formeln gelangt, welche sehr gute Resultate geben.

Das Bulletin der Gewerbsgesellschaft zu Mühlhausen, welches mit den zu Wesserling angestellten Versuchen übereinstimmt, nimmt 25 Quadratdecimeter für den Querschnitt der Essen und der Canäle von Ziegelsteinen an, welche 150 Kilogr. Steinkohlen verbrennen müssen, oder 60 Kilogr. auf 10 Quadratdecimeter. In diesem Falle mit der Steinkohle bleibt die Temperatur unten in der Esse höher, und es werden fast $\frac{3}{4}$ von der Luft verbrannt.

Verhältniß des Herrn d'Arcet. Die Versuche des Herrn d'Arcet und die wiederholte Analyse der in den Essen verschiedener Oefen aufgefangenen Gase haben ihm den Beweis geliefert, daß die nach diesen Resultaten eingerichteten Essen zu eng sind. Folgendes sind die Dimensionen, welche ihm die vortheilhaftesten Resultate gegeben haben:

Um vollständig und ohne Rauch 30—33 Kilogr. gewöhnlicher Steinkohle in einer Stunde mit einer 8—10 Meter hohen Esse zu verbrennen, müssen die Canäle und die Esse 10 Quadratdecimeter Querschnitt haben. Fast die Hälfte der Luft entweicht unverbrannt; allein es hat keinen Vortheil, die Verbrennung weiter zu treiben. Will man wirklich, um den Wärmeverlust zu vermindern, die Luft vollständiger verbrennen, so wird die Steinkohle schlecht verbrannt und man hat Rauch, sowie einen schlechten Zug. Wenn man dagegen die Luftmenge treibt, um den Ofen vollkommen rauchverzehrend zu machen, so verliert man durch diese überschüssige Luft an Wärme. Die Untersuchungen des Herrn d'Arcet haben daher die Bestimmung derjenigen Dimensionen zum Zweck gehabt, welche den größten Nutzeffect geben.

Von der vollständigen Verbrennung des Rauches. Man hat es oft versucht, die Verbrennung der Steinkohle durch die Einführung von kalter oder warmer Luft in die Rauchcanäle hinter den Heerd, wie es die englischen Architecten thun, oder unmittelbar darüber, wie es Hr. Lefroi gemacht hat und worauf wir später zurückkommen, zu bewirken. Dieser Zusatz der Luft war wirklich nothwendig in einem Ofen, dessen Canäle zu eng waren, und der, weil er keinen hinlänglichen Zug und keine hinreichende Luft gab, einen Theil des Brennmaterials destillirte. Gibt man aber der Esse eine hinlängliche Weite, um die ganze Luftmenge anzusagen, welche die Steinkohle zu ihrer gänzlichen Verbrennung bedarf, so erhält man weit einfachere Oefen, welche dennoch keine Spur von Rauch geben, ausgenommen in dem Augenblick, in denen man sie zum Einschüren der Kohle öffnet. Alsdann tritt wirklich ein Theil der Luft durch die Thür ein, ohne durch den Rost zu strömen, und es geht alsdann keine so große Menge durch die Steinkohlen, welche alsdann nicht vollständig verbrannt wird. Da der Heerd alsdann auch mit kalten Steinkohlen angefüllt ist, so sinkt die Temperatur und die Verbrennung wird verzögert. Endlich ist die bestimmte Luftmenge, welche regelmäßig durch den Rost strömt, nicht hinreichend zur vollständigen Verbrennung der großen Masse von Theer und der gekohlten Gase, welche sich in dem ersten Augenblicke des Einschürens entwickeln, und es kann diese Luftmenge auch durchaus nicht hinreichend sein. Wäre diese Luft wirklich hinreichend, um den Bedürfnissen des ersten Momentes nach dem Einschüren zu genügen, so würde diese Luftmenge für den Zwischenraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einschürungen viel zu groß sein und würde unnützer Weise viel Wärmestoff mit sich führen, so daß man

weit mehr verlieren, als gewinnen würde. In den Essen der bei der Eisenfabrication angewendeten Oefen, in denen die Temperatur weit höher ist und die Flamme oft bis zu der obersten Oeffnung steigt, rechnet man 40—45 Kilogr. Steinkohle auf 10 Quadratdecimeter, und es ist dies ein Beweis, daß das von uns angegebene Verhältniß von 30—33 Kilogr. Steinkohle auf 10 Quadratdecimeter bei Dampfkesseln ein sehr richtig bestimmtes ist.

Verhältnisse der Essen und der Canäle. Man wird, kurz ausgedrückt, stets gute Resultate mit einem solchen Ofen erlangen, wenn man ihm bei seiner Construction die folgenden Verhältnisse ertheilt:

1) Der Esse muß man um soviel Mal 10 Quadratdecimeter Durchschnitt geben, als sie Male 30 oder 36 Kilogrammen Steinkohle in der Stunde verbrennen wolle.

2) Allen Canälen muß man genau denselben Durchschnitt geben, als der Esse.

Von den Essen, die für mehrere Oefen gemeinschaftlich sind. Oft ist die Esse so eingerichtet, um mehrere Oefen zugleich zu bedienen. Man muß ihnen alsdann einen Querschnitt geben, der gleich der Summe der Querschnitte dieser verschiedenen Apparate ist. Die in jedem Ofen zu verzehrende Brennmaterialmenge wird alsdann von den Canälen regulirt, und diesen gibt man den angenommenen Normaldurchschnitt. Wenn man, z. B., an einer Esse vier Oefen anlegt, von denen der eine in der Stunde 15 Kilogr., der andere 25 Kilogr., der dritte 10 Kilogr. und der vierte 40 Kilogr. verbrennen soll, so müßte die Esse Luft zur Verbrennung von 90 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde liefern, welches, in dem Verhältnisse von 10 Quadratdecimetern auf 30 Kilogr., 30 Quadratdecim. Durch-

schnitt liefert. Die Canäle des ersten Ofens müßten alsdann 5 Quadratdecim., die des zweiten $8\frac{1}{2}$, die des dritten $3\frac{1}{2}$ und die des vierten 13, in Summa 30 Quadratdecim. Durchschnitt erhalten müssen.

Weite englische Essen. Oft gibt man auch der Esse einen großen Durchmesser und eine große Kraft, und läßt in dieselbe, mittelst Canälen, den Rauch verschiedener Oefen einströmen, indem man sich alsdann die Möglichkeit sichert, später noch neue Oefen anlegen zu können. Diese Essen haben einen sehr starken Zug, sie liegen gewöhnlich mitten in einer Fabrikanlage, und der Zug ist gewöhnlich weit größer, als es die mit ihr in Verbindung stehenden Oefen erfordern, und es sind alsdann nur ihre Canäle, welche die von jedem derselben verzehrte Brennmaterialmenge nach den oben mitgetheilten Grundsätzen reguliren.

Einrichtungen, welche zum Zuge der an einer gemeinschaftlichen Esse angelegten Oefen erforderlich sind. Eine sehr wesentliche Bedingung, um mehrere Oefen an einer einzigen Esse anzubringen, ohne daß weder der Zug, noch der Betrieb von einem derselben gehindert sei, besteht in der Art und Weise, wie die verschiedenen Canäle darin eingeführt worden sind.

Zuvörderst muß es mit großer Sorgfalt vermieden werden, daß zwei von diesen Canälen einander gerade gegenüberstehen, indem der stärkste und der heißeste von beiden das Ausströmen aus dem andern unmittelbar verschließen würde.

Ebensowenig muß man sie rechtwinklig in die Esse eintreten lassen; denn sehr häufig verschließen die Rauchströme, die unten in die Esse eingetreten sind, wie mit einer Platte, den Ausgang der in einem höhern Niveau eintretenden.

Man muß demnach die verschiedenen Canäle in verschiedenen Höhen eintreten lassen, ohne daß sie sich einander gegenüberstehen, indem man dahin sieht, sie etwas zu erheben, ehe sie in die Esse eintreten, und die Kanten des darüber befindlichen Mauerwerks so abzurunden, daß sie leicht die allgemeine Strömung annehmen. Wenn die Canäle nahe bei einander in eine gemeinschaftliche Esse treten, so muß man den Strom des obern Canales mit dem allgemeinen Strome der Esse mittelst eines kleinen blechernen Scheiders zu vereinigen suchen. Mit diesen Vorsichtsmaßregeln kann man an einer Esse soviel Oefen anbringen, als es ihr Zug gestattet, und so gering auch ihre Höhe sein möge, so wird bei hinreichendem Querschnitt jeder Ofen mit derjenigen Lebhaftigkeit und derjenigen Kraft betrieben werden können, für die er regulirt worden, und indem er von dem Betriebe der andern auch unabhängig ist.

Es muß hierbei noch vorausgesetzt werden, daß ein gutes Register dazu dient, einen jeden von den Oefen zu reguliren und seinen Canal zu verschließen, wenn er nicht im Betrieb ist.

Von der Esse. Die Esse, deren Verhältnisse wir schon angegeben haben, muß auf ihrer ganzen Höhe genau denselben Querschnitt haben. Die Erweiterungen sind unnütz und die Verengungen schaden dem Zuge. Wir haben zu bemerken Gelegenheit gehabt, daß in den kegelförmigen Essen, die sich oben verengen, die Menge der verbrannten Steinkohle fast derjenigen entspricht, welche der Ofen verzehren würde, wenn die Esse auf ihrer ganzen Höhe gleichweit mit der obern Oeffnung wäre; es ist demnach eine unnütze Ausgabe, die Essen kegelförmig zu bauen.

Eine hinreichend weite Esse braucht nicht sehr hoch zu sein. Die Erfahrung hat uns bewiesen, daß man mit einer 6—8 Meter hohen Esse einen vortrefflichen Zug erlangen konnte, wobei die Verbrennung so lebhaft, als möglich, war. In England, wo man Essen von 35—40 Meter, d. h., bis 130 Fuß hoch hat, und von wo aus dieselben auch nach Frankreich und Deutschland übergegangen sind, haben sie den besondern Zweck, den Rauch der Oefen über die Nebelatmosphäre hinauszuführen, welche die Städte oft bedeckt. Die Höhe der Essen muß daher nur von localen Einrichtungen bestimmt werden; die unerläßliche Ersparung bei gewerblichen Constructionen, sobald sie nicht nachtheilig auf die Beschaffenheit der Arbeit einwirkt, verlangt es, daß man ihnen keine unnützen Höhen gibt, und in vielen Fabriken, wo man Essen erbaut hat, die 3, 4 bis 10,000 Franken kosten, würde eine Esse für 3 oder 600 Franken denselben Zweck erreicht haben.

Obwohl eine sehr hohe Esse, bei gleicher Oeffnung, mehr Steinkohlen verbrennt, als eine kleine, so würde es stets weit weniger kostbar sein, die Weite der Esse etwas zu vermehren, als ihre Höhe, und der Zug würde in einem weit größern Verhältnisse zunehmen. Wirklich zeigt die Theorie, daß die von einer Esse ausgeströmten Luftmengen nur wie die Quadratwurzeln der Höhen zunehmen.

In den Hütten oder sonstigen Fabrikanlagen aber, wo man eines sehr starken Zuges bedarf, oder wo man mehrere Oefen, die oft sehr weit voneinander entfernt liegen, an einer einzigen Esse anlegen muß, muß man über einen Zug gebieten können, der über den Grenzen aller erforderlichen Bedürfnisse steht; man muß alsdann sehr hohe und sehr weite Essen einrichten. Die Geschwindigkeiten betragen in denselben 7—8 Meter in der Secunde. Dieser

starke Zug ist erforderlich, um die Reibung in den langen Canälen und in den Rosten zu überwinden, deren Widerstände alsdann einen sehr geringen Werth im Verhältnisse zu dem Zuge der Essen erlangen, wie Herr Péclet es nachgewiesen hat.

Von dem geringen Einflusse der Höhe der Essen auf den Zug. Wir könnten übrigens viele Beispiele als Beweis anführen, daß die Höhe der Essen, welche den Fabricanten so bedeutende Kosten verursacht, keine nothwendige Bedingung für einen guten Zug ist, und daß zu seiner Erlangung ein gehöriger Querschnitt hinreichend ist.

Bei den Glasöfen gibt es gewissermaßen gar keine Esse, und dennoch haben sie einen bedeutenden Zug. Die meisten Schweißöfen haben nur 10 bis 15 Meter hohe Essen. Die zum Schmelzen der edlen Metalle bei den Gold- und Silberarbeitern angewendeten Oefen haben einen vortrefflichen Zug mit Essen, die oft nicht 3 Meter hoch sind.

Wir wiederholen es, mit einer Esse, die sich 5 bis 6 Meter über dem Heerde erhebt und die 10 Quadratdecimeter Querschnitt hat, kann man einen sehr starken Zug hervorbringen und vollständig 30—36 Kil. Steinkohle in der Stunde verbrennen; und diese Essen, die man am Fuße nur 2 Decimeter (8 Zoll) und oben nur 1 Decimeter (4 Zoll) weit zu machen braucht, erfordern nur geringe Kosten.

Erfahrungen Péclet's über die Essen. Wir werden in zwei Tabellen bei den Anmerkungen zu diesem Werke, welche wir an dessen Schluß folgen lassen, zwei Tabellen mittheilen, welche die von Herrn Péclet gemachten Erfahrungen enthalten, indem wir einen verschiedenen Querschnitt, sowie eine verschiedene Höhe und Temperatur der Essen annehmen (Anmerk. 1).

In der ersten Tabelle findet man die Geschwindigkeit der Luft bei gleichem Querschnitt und bei gleicher Temperatur, indem die Höhe der Esse nach und nach zunimmt. In der zweiten sind die Höhe und die Temperatur dieselben, aber es ist der Querschnitt verschieden. Wir haben soviel, als es möglich war, in den Tabellen des Herrn Péclet die unter gleichen Umständen gemachten Erfahrungen ausgewählt. Man wird sehen, daß zuweilen die Temperatur nicht genau dieselbe ist; allein sie nähert sich stets der Gleichheit, und es ist leicht, sich Rechenschaft von dieser Differenz zu geben. Man kann es durch einen Blick auf diese Tabelle beurtheilen, daß die Erhöhung der Essen nur einen sehr geringen Einfluß auf die Geschwindigkeit der hindurchströmenden Luft ausübt, indem man durch Verdreifachung dieser Höhe nur in sehr wenigen Fällen eine Zunahme der Geschwindigkeit von $\frac{1}{10}$ erreicht hat, und bei den meisten Versuchen fand fast gar keine Zunahme statt. Auf der andern Seite vermehrt man den Zug in einem weit größern Verhältniß, indem man die Esse weiter macht; und die Tabellen des Herrn Péclet beweisen ganz deutlich, daß durch Erhöhung der mittlern Temperatur des Rauchs der Zug noch vielmehr erhöht wird. Verdreifacht man nun die Höhe einer Esse, so erhöht man dadurch die Kosten wenigstens um das Fünf- bis Sechsfache, und um das Funfzehn- bis Zwanzigfache, wenn man sie 30 bis 40 Meter hoch macht, während es bei Weitem nicht so ist, wenn man den Querschnitt verdreifacht oder vervierfacht. Die genauen Folgerungen dieser Versuche sind nicht immer auf alle Oefen, ohne Unterschied, anwendbar; denn Herr Péclet hat bemerkt, daß hier die Esse direct hinter dem Heerde stehe, ohne daß ein Canal oder Fuchs dazwischenliege, und daß er einen sehr weiten und freien Rost habe, während,

wenn die Luft, ehe sie in die Esse strömt, durch Circulationscanäle gehen müsse, und bei einem gewöhnlichen Roste, bei gleichbleibendem Widerstande, sowohl bei geringen, als bei bedeutenden Höhen, der Einfluß der Höhe der Esse auf die Ausströmungsgeschwindigkeit weit bedeutender gewesen sein würde. Es folgt daraus, daß bei den Oefen, mit denen wir uns beschäftigen, hohe Essen oft ein Gegenstand des Luxus sind, sobald sie nicht den besondern Zweck haben, schädliche Gase auf bedeutende Höhen in die Atmosphäre zu führen, wie es in Städten erforderlich ist.

Temperatur, welche dem höchsten Zuge der Essen entspricht. Theorie sowohl, als Erfahrung, stimmen darin überein, daß diese Temperatur 280—350° C. betrage.

Gestalt der Essen. Was nun die Gestalt der Essen anbetrifft, so findet durchaus kein Unterschied zwischen dem Zug und den Leistungen quadratischer oder runder Essen bei gleicher Höhe derselben statt. Quadratische oder rechteckige Essen haben den wichtigen Vortheil, leichter zu erbauen und in der Fabrikanlange besser zu stellen zu sein; allein sie sind jetzt nicht wohlfeiler, als die runden Essen.

Es gehört nicht zu unserm Plan, in's Einzelne der Erbauung der Essen einzugehen; wir bemerken nur, daß nach dem wichtigen Grundsatze: die Essen von Unten bis Oben gleichweit zu machen, und wegen der Nothwendigkeit, die Ziegelsteine nicht zu zerschlagen, sondern sie ganz bei dem Bau anzuwenden, das Zurücktreten der Steine stets nach Außen und nie nach Innen bewirkt werden muß. Das Ansehen der Essen wird dadurch freilich nicht so elegant; allein die Construction mit gleichem Querschnitt ist weit wohlfeiler (Fig. 1 u. 2, Taf. VIII.). Wir geben die Abbildung von der Esse zu Gerville,

welche nur 700—800 Franken zu erbauen gekostet, und welche bei einer Höhe von 15 Meter, sowie bei 50 Quadratcentimeter Querschnitt, 160 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde verbrennen und reichlichen Dampf für eine Maschine von 40 Pferdekräften, ohne Condensation, liefern kann.

Blecherner Hut auf den Essen. Man darf es nie vergessen, die Esse oben mit einem blechernen Hut f zu versehen, welcher dem Rauch einen 30—40 Centimeter (12—16 Zoll) hohen Durchgang gestattet, und welcher den Zweck hat, sie gegen die Abkühlung und die Verzögerung des Zuges, welche durch den Regen veranlaßt wird, zu sichern. Jeder andere Apparat hindert den Zug, ohne daß er Nutzen gewährt.

Nachtheile zu langer Canäle. Es folgt aus dem Gesagten, daß alle Scheider, welche man gewöhnlich in den Oefen anbringt, welche, wie man behauptet, die Wärme zurückhalten sollen, so daß sie die Kessel aufnehmen können, die aber die Wirkung haben, einen Theil der Wirkung des Zuges von dem Rauche zu verhindern und ihn zurückzuhalten, sichere Mittel sind, um einen schlechten Zug, ein langsames Feuer und einen großen Brennmaterialverbrauch bei einem geringen Nutzeffect zu haben. Die Fabricanten, welche Oefen erbauen, müssen wohl überzeugt sein, daß das einzige Mittel zur Erreichung eines vortheilhaften Brennmaterialverbrauchs, ein starker Zug und eine lebhafte Verbrennung sind. Alles, was auf diesen Zweck hinausläuft, ist nützlich, Alles, was ihm schadet, wie Scheider, eine zu lange und zu verwickelte Circulation um die Kessel, bringt unmittelbar Verlust; und es würde besser sein, den Rauch aus dem ersten Canal in die Esse strömen zu lassen, ohne daß er um den Kessel circulirt, als daß er sich zu lange in den engen Leitungen aufhält;

denn ohnerachtet des daraus folgenden Wärmeverlustes würde man das Brennmaterial doch noch besser benutzen können.

Die Erfahrung hat bewiesen, daß die zur Dampferzeugung, hauptsächlich zu Hochdruckdämpfen, erforderliche Lebhaftigkeit des Feuers, die Luft noch 300 bis 400° C. Wärme haben muß, wenn sie an dem untern Ende der Esse anlangt. Wenn man sie soviel abkühlt, so daß sie bei Steinkohlen nur 200 und bei Holz nur 300° behält, so wird der Zug schwach und die Verbrennung wird verzögert; die von dem Feuer entwickelte Wärme ist geringer, und ein gewisses Gewicht von Steinkohlen entwickelt weniger Dampf, als bei einem lebhaftern Zug und bei einer lebhaftern Verbrennung. Wirklich, je lebhafter das Feuer ist und je bedeutender die Verschiedenheit zwischen der Wärme des Feuers und des in dem Kessel enthaltenden Wassers, um so größer sind folglich die Wärmemengen, welche durch das Metall dringen und um so bedeutender ist die Dampfproduction.

Wir fügen für Diejenigen, welche glauben, noch eine bedeutende Dampfmenge dadurch hervorzubringen, daß sie den Rauch noch ein zweites Mal um den Kessel circuliren lassen, hinzu, daß die Einwirkung der Canäle auf die Seitentheile des Kessels, im Verhältnisse zu der unmittelbaren Einwirkung des Feuers, gering ist, und daß er über ein gewisses Verhältniß hinaus, wenn dieser Rauch 400 oder 500° erreicht hat, fast 0 wird. Ueber 12—15 Meter hinaus ist die Länge der Seitencanäle nicht allein unnütz, sondern oft selbst nachtheilig, indem sie den Zug verzögert. Um diese Behauptung völlig zu beweisen, führen wir das folgende Beispiel auf.

Wir haben in Salzwerken Oefen unter Siedepfannen von 7–8 Meter Länge und Breite gesehen. Der Heerd der einen war nur unter einem kleinen Theile der Pfanne befindlich, und der Rauch circulirte darauf in beiden Canälen, die ihn unter die ganze Oberfläche führten. Unter den andern Pfannen war der Heerd in der Mitte des Kessels und erhitzte dessen ganzen Boden unmittelbar, ohne Scheider, noch Canal, und der Rauch gelangte auf diese Weise, ohne Circulation, in die Esse. Und obgleich eine ebenso breite, als lange Pfanne einer guten Benutzung des Feuers, welches seine Wirkung nur in der Richtung des Stroms und nur schwierig von der Seite ausübt, entgegensteht, und obgleich bei solchen Siedepfannen das günstigste Verhältniß der Länge zur Breite, nach den Erfahrungen des Herrn d'Arcet, das von 3 zu 1 zu sein scheint, so bringen doch beide Oefen eine gleiche Wirkung hervor, und jeder metrische Centner Salz erfordert gleiche Brennmaterialmenge.

Siedepfannen der Saline zu Dieuze.

Zu Dieuze haben die Siedepfannen 15,20 und bis 30 Meter Länge, 1 oder 2 Heerde unter ihrem vordern Theil, und weder einen Scheider, noch eine Circulation; dennoch wird die Hitze dort sehr gut benutzt, und nirgends erfolgt das Sieden des Salzes so ökonomisch, als dort. Demnach wird der metrische Centner Salz mit 44 Kilogr. Steinkohlen dargestellt, d. h., es werden 7 Kilogr. Dampf mit 1 Kilogr. Steinkohle erzeugt. Herr Grouvelle hat Heerde dieser Art mit demselben guten Erfolg in der großen Saline von Briscous in den niedern Pyrenäen angelegt.

Heerd zum Abdampfen mit vier Pfannen. Eine anderweitig gemachte Erfahrung gibt uns einen noch bessern Beweis; in einer Schwefel-

säurefabrik ist ein Heerd eingerichtet, der vier bleierne Pfannen enthält, die eine jede 2 Meter lang und 1,60 Meter breit sind, und je zwei in zwei Reihen hintereinander liegen, so daß sie zwei Längen, jede von 4 Meter, bilden.

Der Heerd liegt unter der ersten Pfanne der linken Reihe, die Flamme geht darauf unter den zweiten Kessel, der nur auf einer gußeisernen Platte ruht; von da geht sie unter die zweite Reihe und feuert daselbst die dritte und die vierte Pfanne, die ebenfalls auf gußeisernen Platten stehen. Heber stellen die Verbindung der Säure zwischen allen Pfannen bis zur ersten, und zwar in umgekehrter Richtung von dem Strome der Flamme, dar. Diese erste Pfanne ruht auf einem Gewölbe von feuerfesten Ziegelsteinen; und obgleich fast die ganze Abdampfung in dieser ersten Pfanne vor sich geht, so stieg doch die Grädigkeit der Säure sehr wenig in der zweiten, in der dritten war sie nur halb erhitzt, ohne an Grädigkeit zuzunehmen, und in der vierten hatte sie durchaus keine Wirkung. Ohnerachtet des Ziegelsteingewölbes erfolgten 75—80 pCt. von dem Nutzeffect in den beiden ersten Metern und über dem Heerde; 15 pCt. etwa in den beiden folgenden Metern und nichts über 6 Meter hinaus.

Man wird zu ähnlichen Resultaten, als die angeführten sehr vortheilhaften, gelangen, ohne die Canäle zu vermehren, jedesmal dann, wenn man dem directen Feuer große Oberflächen aussetzt, und wenn man von ihnen nur einen mäßigen Nutzeffect verlangt.

Wirkung weiter Essen. Wir müssen es wiederholen, daß, wenn hohe Essen sehr weit werden und 80 Quadratdecimeter oder 1 Quadratmeter erreichen, und wenn die Heerde in einem Verhältnisse dazu stehen, die Wirkung dieser Essen in

einem weit größern Verhältnisse zunimmt, als ihr Querschnitt. Es rührt dies daher, daß die Widerstände in den Ziegelsteinessen einen sehr großen Einfluß auf die verbrannte Menge haben, und daß diese Reibungen fast nicht mehr, als der Querschnitt, zunehmen, weil die Widerstände im Verhältniß zu der Reibungsoberfläche stehen. Demnach erhebt sich der Durchschnitt der verbrannten Kohle, statt alsdann 3 bis 4 Kilogr. auf das Quadratdecimeter der Esse zu sein, bis auf 6 und 8 Kilogr.

Von dem Verhältnisse zwischen der Heizoberfläche und dem Querschnitt der Canäle und der Esse. Wir müssen, ehe wir das beenden, was die Essen und Canäle betrifft, bei der Nothwendigkeit stehen bleiben, genau, wie wir gesagt haben, die Kesseloberfläche zu reguliren, welche eine gegebene Dampfmenge in der Stunde produciren, sowie auch den Querschnitt der Esse und der Canäle, welcher eine gegebene Steinkohlenmenge verbrennen soll. Diese Verhältnisse sind so berechnet, daß sie zwischen dem Querschnitte der Canäle und der Esse, oder der Wirkung des Ofens und zwischen der Heizoberfläche, oder der Wirkung des Kessels, dasjenige Verhältniß herstellen, welches die Erfahrung als das vortheilhafteste gezeigt hat. Für die blechernen und kupfernen Kessel mit flachem Boden läßt sich nach den Untersuchungen des Herrn d'Arcet dieses Verhältniß auf folgende Weise ausdrücken: Die Esse und die Canäle müssen $\frac{1}{20}$ und der Rost $\frac{1}{6}$ von der Kesseloberfläche haben; dieses Verhältniß gibt Dimensionen, die fast identisch mit denen sind, welche wir als Regel angenommen haben.

Von den zu wirksamen Oefen für die Generatoren. Wir haben die Mängel zu enger Essen und Canäle angegeben; man muß sich aber

auch wohl hüten, sie nicht weiter zu machen, als es durchaus erforderlich ist; denn offenbar würde zuviel Luft in den Ofen strömen, man würde viel Wärme verlieren, mehr Brennmaterial verzehren und der Gang der Maschine würde sehr ungleich sein.

Von den Essen von Eisen- und Kupferblech und von ihren Verhältnissen. Die hier mitgetheilten Resultate beziehen sich auf die Essen von Ziegelstein, welche am Häufigsten angewendet werden. Allein bei der Construction der Dampfböte und der Locomotiven, sowie unter einigen andern Umständen, wendet man auch Essen von Eisen- oder Kupferblech an.

Die Versuche von Herrn **Péclet** haben bewiesen, daß die Reibung der warmen Luft in Essen von Eisen- und Kupferblech, und hauptsächlich von Gußeisen, weit geringer, als in denen von Ziegelstein ist, und daß folglich die Ausströmungsgeschwindigkeit und der Zug in denselben viel bedeutender sind. Man kann daher diesen Essen einen geringern und, im Verhältnisse zu der Differenz der Geschwindigkeit des Stroms, bei übrigens gleichen Umständen zwischen beiden Arten von Essen, stehenden Querschnitt geben.

Diese Geschwindigkeitsverhältnisse zwischen den Essen von verschiedener Beschaffenheit sind, nach Herrn **Péclet**:

		Verhältnisse.
Gußeiserne Essen. — Geschwindigkeit in 1 Secunde . . .	5,74 Met.	1,75
Essen von Eisen- u. Kupferblech	4,48 „	1,36
„ „ Ziegelsteinen . . .	3,27 „	1,00
„ „ gebranntem Töpferthon	3,05 „	0,93

Es ist offenbar, daß die Querschnitte der Essen und Canäle aus diesen verschiedenen Materialien in umgekehrten Verhältnissen zu denen der Geschwindigkeiten stehen müssen. Demnach nehmen wir zur Er-

langung derselben verbrannten Menge und desselben Zuges an:

Querschnitt gußeiserner Essen fast	0,60	□M.
Eisen- und kupferblecherne Essen	0,75	"
Ziegelsteinerne Essen	1,00	"
Töpferne Essen	1,00	"

Gußeiserne Essen. Gußeiserne Essen werden nur bei Luftwärm- und andern Oefen zur Heizung angewendet, sei es nun zur Aufnahme des Rauches oder der warmen Luft. Zuweilen findet man sie auch bei den Gasöfen, und besonders da, wo man keine Ziegelsteine anwenden kann, oder wo das Blech zu schnell verbrennen würde.

Essen von Eisen- und von Kupferblech. Die blechernen Essen werden sehr bald durch das Feuer und den Rost zerstört, und wenn man sie anwenden muß, so ist es zweckmäßig, sie zu galvanisiren. Die kupfernen sind weit theurer, aber auch dauerhafter. Wenn man die blechernen Essen, einzeln stehend, anwendet, so befestigt man sie an ihrem Fuße, mittelst starker Schraubenbolzen, auf einem gußeisernen Sockel, der mit dem Mauerwerke durch Eisenstangen fest verbunden ist.

Essen von gebranntem Töpferthone. Man gebraucht diese Essen nur in den Fabriken chemischer Producte, sowie auch bei Luftwärmöfen.

Canäle von Metall. Die Canäle sind oft im Innern der Kessel angebracht, und alsdann macht man sie von Eisen- oder Kupferblech, wie bei den Locomotiven, bei den Kesseln der Dampfböte und bei vielen englischen Kesseln von Niederdruck. Man müßte alsdann ihre Dimensionen nach den Regeln berechnen, welche wir für die reducirten Essen mitgetheilt haben, je nach dem Verhältnisse der blechernen und der kupfernen Essen, wobei man berücksichtigen muß, sie etwas weit zu machen.

weil die innern Canäle der Kessel sehr stark durch das sie umgebende Wasser abgekühlt und sehr rasch mit Ruß, Asche 2c. ausgefüllt, wodurch der Querschnitt und der Zug vermindert werden.

Canäle von Ziegelsteinen. Die eisernen Canäle der Kessel bestehen fast ausschließlich aus Ziegelsteinen, und das sie oben bedeckende Gewölbe stützt sich stufenweis auf den Kessel und tritt unter die Ohren oder Lappen, die ihn halten. Diese Einrichtung, mit einem stufenförmigen Gewölbe, hat den Vortheil, ein theures Zurichten der Ziegelsteine zu vermeiden und gewährt eine sehr dauerhafte Construction (Taf. I, Fig. 4).

Register. Zur Vervollständigung des über die Essen und Canäle Gesagten, müssen wir bemerken, daß stets unten in der Esse, oder über dem letzten Canal jedes Ofens, wenn für mehrere derselben eine gemeinschaftliche Esse vorhanden ist, ein gußeisernes oder blechernes Register anzubringen, dessen Oeffnung genau gleich der der Canäle von dem Kessel, für den es dient, sein muß. Ohne dieses Register wird es unmöglich sein, den Gang des Feuers zu reguliren, oder um es in jedem beliebigen Augenblicke zu vermindern oder vollständig zu unterbrechen, sei es nun des Abends, wenn der Betrieb aufhören soll, oder für jedes unvorhergesehene Ereigniß. Auch bedient man sich der Register zum völligen Abschlusse des Luftstroms von dem Ofen, wenn man sich seiner nicht bedient, damit er dem Zuge der übrigen nicht nachtheilig ist.

Auch an den Essen von Eisen- und Kupferblech, Gußeisen oder Töpferthon, muß man zu demselben Zwecke Klappen anbringen.

Einfluß der Rostoberfläche. Wir haben bewiesen, daß die Brennmaterialienmenge, welche in einer gegebenen Zeit verbraucht wird, von den Ver-

hältnissen der Esse und der Canäle abhänge, und daß die Höhe der Temperatur der Verbrennung von dem Verhältniß abhänge, welches zwischen der in einer Stunde zu verzehrenden Brennmaterialienmenge und der Rostoberfläche besteht.

Wirklich kann man in einem Ofen, der gute Verhältnisse hat, ohne die Menge des in einer Stunde verzehrten Brennmaterials wesentlich zu verändern, die Rostoberfläche um $\frac{1}{4}$, um die Hälfte, oder um $\frac{3}{4}$ vermindern, oder im Gegentheile verdoppeln. Man vermehrt, oder man vermindert auf diese Weise nur die Stärke der Verbrennung. Dieses Verhältniß übt einen großen Einfluß auf den Nutzeffect der Oefen aus, und außerdem muß es nach dem Zwecke derselben verschieden sein.

Princip der langsamen Verbrennung. In England wird ein lebhafter Streit über das Princip der langsamen Verbrennung auf weiten Rosten, wie sie in Cornwall angewendet werden und zwischen dem Principe der sehr starken Verbrennung auf kleinen Rosten unterhalten. Beiderlei Meinungen werden von geschickten Ingenieuren unterstützt. Was uns betrifft, so beweis't uns unsere Erfahrung und alles das, was wir über den Gegenstand gelesen haben, nebst den Resultaten der Locomotivenkessel, daß man das Princip der lebhaften Verbrennung annehmen muß. Zu diesem Resultat ist auch Herr Thomas Wicksteed gelangt, wie wir es weiterhin zeigen werden, wenn wir von den in Cornwall gebräuchlichen Kesseln reden. Da die durch eine Heizoberfläche gehende Wärmemenge von der Temperaturdifferenz zwischen dem Heerde und der in dem Kessel enthaltenen Flüssigkeit abhängt, so ist es stets vortheilhaft, wenn es der Dienst gestattet, die Temperatur der Heerde zu erhöhen und folglich kleine Roste anzuwenden.

Wir sind überzeugt, daß die von der Mühlhäuser Gewerbsgesellschaft und von Tredgold angenommenen Dimensionen viel zu groß sind, um einen so lebhaften Zug zu veranlassen, wie es die Dampferzeugung erfordert.

Verhältniß des Rostes zu dem Essenquerschnitte. Bei den Schweiß- und Puddelöfen, sowie unter den Hochdruckkesseln, gibt man demnach den Rosten fast einen dreifachen Durchschnitt von dem der Esse und der Canäle, welches einer Verbrennung von 100—120 Kilogr. Steinkohle auf jedes Quadratmeter von dem Rost entspricht. Herr d'Arcet hat seit länger, als 20 Jahren, und zuerst, und wir mit ihm mit dem besten Erfolge, das Verhältniß von 3 zu 1 zwischen dem Rost und den Canälen oder der Esse, wenn beide gleichen Querschnitt haben, angenommen. Der Kessel E zu Wesserling, welcher so gute Resultate gibt, ist nach diesem Verhältnisse construirt. Unter Siede- und Abdampfungspfannen, besonders, wenn eine langsame Abdampfung erfolgen soll, z. B., unter bleiernen Pfannen, die zur Concentration von Schwefelsäure und von vielen andern chemischen Producten angewendet werden, bei denen eine langsame und mäßige Einwirkung des Feuers erforderlich ist, machen wir den Rost 6—7 Mal so groß, als den Querschnitt der Esse und der Canäle, und wir lassen nicht mehr, als 50—60 Kilogr. auf das Quadratmeter des Rostes verbrennen. Eine unvermeidliche Folge dieser Temperaturverminderung der Verbrennung ist die, daß man unter bleiernen Pfannen, bei denen man nur eine mäßige Feuerung und demnach weite Roste anwenden kann, man von jeder Kil. verbrannter Steinkohle nur $2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$ Kil. Dampf enthält, und umsoweniger, jemehr die abgedampfte Flüssigkeit eine höhere Temperatur erfordert,

um zum Sieden zu gelangen, wie Schwefelsäure von 50 Grad, salzige Auflösungen ꝛc.

Die weiten Roste haben übrigens, unabhängig von ihren besondern Eigenschaften, den Vortheil, auf einmal mit einer größern Brennmaterialmenge versehen zu werden und ein seltneres Oeffnen der Thüren zu erfordern.

Von den Roststäben. Was nun den freien Raum betrifft, der zwischen den Roststäben bleiben muß, so hängt er hauptsächlich von der Beschaffenheit der Steinkohlen ab. Sind dieselben sehr fett und sehr backend, so hat es nichts Nachtheiliges, ja es ist selbst zweckmäßig, diesen Raum gehörig weit zu machen, z. B., $\frac{1}{3}$ von der Rostoberfläche, ohne fürchten zu müssen, daß die Steinkohlen in den Aschenkasten fallen. Sind dagegen die Steinkohlen mager und zerfällt sie leicht in Staub, so muß man die Zwischenräume vermindern und sie etwa gleich einem Viertel von der ganzen Rostoberfläche machen. Dieses hat nur einen geringen Einfluß auf den Zug. Man wird jedoch einsehen, daß, je kleiner die Zwischenräume sind, es um so nöthiger ist, den Rost rein zu erhalten, damit sich auf demselben nicht Cinders anhäufen, die ihn schnell verstopfen. Jetzt wendet man mit Vortheil dünne und viele Roststäbe an.

Es ist stets sehr nothwendig, die durch den Rost gefallenen Cinders durch ein Sieb zu werfen, um die kleinen Steinkohlen, welche der Verbrennung entgangen sind, herauszunehmen, indem dieselben wiederum benutzt werden können.

Gußeiserne Roststäbe werden nach Unten zu keilförmig gegossen (Taf. I, Fig. 2, N). Es kann leicht Luft darunter gelangen, und Asche, sowie Cinders, fallen leicht hindurch. Man muß sich aber wohl hüten, den Stäben eine entgegengesetzte Form zu

geben, d. h., den Keil nach Oben zu richten, oder wenn man quatdratische Stäbe anwendet, sie auf dem Winkel zu legen, wie es so häufig der Fall ist; denn sie würden sich durch Anhäufung von Asche und Cinders auf dem Boden dieser Trichter sehr bald verstopfen. Wenn die Roststäbe aus Stabeisen bestehen, so ist es ganz unnütz, ihnen in der Schmiede eine keilförmige Gestalt zu geben, man muß sie quadratisch anwenden, sowie man sie braucht (Tafel I, Fig. 10 u. 13), und wenn sie länger, als 0,50 Meter sind, so unterstützt man sie in der Mitte durch einen der Quere nach gelegten Stab (a, Figur 12). Man läßt die Roststäbe stets länger, als der Rost ist, und sie ruhen einerseits auf einem eisernen Balken, der 0,10 Meter von dem Boden des Aschenkastens entfernt ist, so daß die Stäbe bei'm Reinigen nicht niederfallen können, und auf der andern Seite liegen sie auf dem Gewölbe (c) des Aschenkastens nebeneinander, entweder ganz frei oder auf einer gußeisernen Platte. Es ist alsdann sehr leicht, den Rost zu reinigen, oder, wenn es erforderlich ist, die ganze Feuerung des Ofens, ohne die Thür zu öffnen, in den Aschenkasten fallen zu lassen, indem man die Stäbe von Außen herauszieht. Dies Verfahren, das Feuer, ohne die Ofenthür zu öffnen, fallen zu lassen, ist oft sehr nützlich, wenn sich bei der Maschine ein unvorhergesehener Vorfall ereignet; denn wenn man das Feuer plötzlich durch die Thür wegnimmt, so kann die plötzlich gegen die starkerhitzten Röhren strömende kalte Luft sie verderben; während man mit den beweglichen und hervorstehenden eisernen Stäben den Aschenkasten verschließen, und ohne Nachtheil die Feuerung von dem Roste hineinfallen lassen kann. In allen Fällen müssen die Enden der Stäbe frei sein, damit sie sich, ohne sich zu krümmen, durch die Wärme ausdehnen können,

welches ohnfehlbar bei denen der Fall ist, welche an beiden Enden fest anliegen.

Geneigte Roste. Die Herren Diericks und Schodet haben Roststäbe erfunden, welche eine geneigte Lage haben, wodurch der freie Durchgang bedeutend vermindert und die Lebhaftigkeit der Verbrennung bedeutend vermehrt wird. Die Herren Gaulofret u. Comp. haben uns versichert, daß sie in der großen Seifensiederei von Saint-Ouen gegen die gewöhnliche Feuerung eine Ersparung von 20—23 Procent erreicht haben; allein überall sonst, wo diese Roste angewendet worden sind, haben sie keine so merklichen Resultate gegeben, welche die sorgfältige und geschickte Leitung eines guten Heizers nicht auch geben könnte, und wir glauben nicht, daß bei diesen Rosten, die wir nicht selbst zu versuchen Gelegenheit gehabt haben, etwas Anderes stattfinde, als eine große Erhöhung der Verbrennungstemperatur durch die Verminderung der Durchgänge. Auch scheint es außerdem, daß diese Stäbe, wegen ihrer Form, selbst Brüchen und Verbrennungen ausgesetzt sind.

Beschaffenheit der Roststäbe. Man ist noch nicht entschieden, ob man den gegossenen oder den aus Stabeisen bestehenden Roststäben den Vorzug geben soll. Die Maschinenbauer versichern, daß erstere eine längere Dauer haben; allein die Roststäbe der Flammöfen in den Eisenhütten bestehen aus Stabeisen. Wir sind aber der Meinung, daß ihre Dauer, bestehen sie nun aus Guß- oder aus Stabeisen, nur von der Sorgfalt und von den häufigen Reinigungen des Heizers abhängt, der sie lange Zeit erhalten, sie aber auch leicht verderben kann. Gußeiserne Roststäbe sind jedoch gänzlich unbrauchbar, wenn sie verbrannt wurden, wogegen die stabeisernen mit zwei Schweißhitzen und einigen Hammer-

schlägen auf den Amboß vollständig wiederhergestellt werden und dann noch lange dienen können.

Von dem Aschenkasten. Der Aschenkasten oder Aschenfall O muß breit und tief und seine Oeffnung muß ganz frei sein, so daß die Luft mit Leichtigkeit darin circuliren und der Zug nicht durch unnütze Reibungen vermindert werden kann. Niemals muß man die Asche darin angehäuft lassen, denn sie wird bald rothglühend, erhitzt die Luft, die, da sie ausgedehnt ist, die Lebhaftigkeit der Verbrennung hemmt und die Stäbe zum Glühen bringt und verbrennt. Es ist dies der Fehler einer großen Anzahl von Oefen, bei denen die Roststäbe in wenigen Tagen zerstört werden und ihre Gestalt einbüßen, weil die Aschenkasten zu klein sind. Wenn man einen Ofen erbaut, der einen engen Rost hat, z. B. nur von 0,20 Meter Breite, so ist es aus demselben Grunde zweckmäßig, den Aschenkasten breiter zu machen, als den Rost. Sieht man dahin, den Aschenkasten tief zu machen, ihn stets leer zu halten und den Rost oft zu reinigen, so werden die Stäbe nie glühend, und man kann ohne Nachtheil nach Belieben gußeiserne oder stabeiserne Stäbe anwenden und braucht keinen Wasserstrom in den Aschenkasten zu leiten, wie es die Mühlhäuser Gewerbsgesellschaft vorgeschlagen hat, eine Einrichtung, welche bei zu engen Aschenkasten sehr zweckmäßig ist. Bei den angegebenen Einrichtungen ist aber dies Verfahren ganz unnütz.

Wenn der Zug eines Ofens die ganze nothwendige Lebhaftigkeit besitzt, so saugt der selbst in einem Kellerraum angebrachte Heerd ohne Schwierigkeit die ganze Luftmenge ein, deren er bedarf; dennoch ist es in ähnlichen Fällen stets besser, für das Einströmen der äußern Luft bis zum Aschenfall einen möglichst directen Weg herzustellen. So sind die Roste der Glasöfen auf dem Schluß- und auf

dem Kreuzpuncte der Gewölbe eines Souterrains angebracht, welches vier Flügel hat, die nach den vier Weltgegenden gerichtet sind; jeder Flügel ist mit einer verschließbaren Thür versehen, und man öffnet stets nur die auf der Seite, woher der herrschende Wind kommt, um die Verbrennung möglichst lebhaft zu machen.

Blecherne Thüren zum Verschlusse der Aschenkasten bei gewöhnlichen Kesselu haben nur geringen Nutzen, und es geschieht nur, wenn man sich des Zuges von dem Heerde bedienen will, um ein Ansaugen aus Trockenanstalten, oder aus Räumen, die mit schädlichen Luftarten angefüllt sind, herzustellen, oder um den Rauch von unangenehmen oder schädlichen Stoffen vollständiger zu verbrennen, oder endlich in Oefen, deren Feuerung unterbrochen werden, oder in denen die Verbrennung langsam sein soll. So hat man in der königl. Tabaksmanufactur zu Paris Oefen zur Verbrennung der Tabaksrippen eingerichtet, welche man vorher nicht loswerden konnte. In ähnlichen Fällen verbrennt man die zu zerstörende Substanz auf einem Rost und leitet den Rauch in den Aschenkasten und unter den Rost eines gewöhnlichen Ofens; an dem Aschenkasten bringt man eine blecherne Thür an, und wenn dieselbe verschlossen ist, so saugt der Zug des Heerdes allen Rauch aus dem Hülfsheerde an, läßt ihn durch den Rost strömen, verbrennt ihn und zerstört den schädlichen Geruch.

Von der Feuerbrücke. Hinter dem Roste bildet das Mauerwerk eine ansteigende Ebene (d, Tafel I, Fig. 1), welche man die Feuerbrücke nennt. Sie dient dazu, Steinkohlen und Asche auf dem Roste zurück zu erhalten, und hindert dieselben, in den Rauchcanal zu dringen und denselben zu verstopfen. Diese Brücke erhebt sich nicht mehr, als 0,11—0,16 Meter oder 4—6 Zoll über dem Rost,

und er muß der Flamme, um in den ersten Canal einzuströmen, einen weiten trichterförmigen Eingang lassen, gegen den englischen Gebrauch, nach welchem die Brücke bis in einer geringen Entfernung von dem Kessel aufsteigt. Diese Einrichtnng, welche die Flamme hindert, sich mit der ganzen Luft zu vermischen, die sie zu ihrer vollständigen Verbrennung nöthig hat, und die selbst an einem Puncte des Kessels eine zu heftige Hitze concentriren kann, hat durchaus keinen Vortheil und gibt oft Veranlassung, daß der Kessel verbrennt.

Lage des Kessels über dem Roste. Der Kessel muß in einer nur kleinen Entfernung von dem Rost angebracht sein; die Wirkung des Feuers ist dann lebhafter, und es ist nur der Raum erforderlich, um das Brennmaterial leicht einschüren zu können, ohne dabei die Sieteröhren und den Kessel zu berühren und damit sich die Flamme gehörig entwickeln kann. Bei Maschinen von 16 Pferdekräften und darunter, muß der Rost 0,300 oder 0,325 Meter oder 12—15 Zoll von dem Kessel entfernt sein. Bei stärkern Kesseln, die eine bei Weitem größere Steinkohlenmenge verbrennen, wie Maschinen von 30 bis 40 ꝛc. Pferdekräften, muß der Raum nie mehr, als 36—40 Centimeter, oder 14—16 Zoll betragen. Es ist dies eine nothwendige Bedingung, um von dem Brennmaterial eine bedeutende Wirkung zu erlangen, und sobald man einen Kessel weiter von der Feuerung entfernt, vermindert man seine Wirkung bedeutend, wenigstens, wenn es nicht Kessel von sehr bedeutenden Dimensionen sind. Alle Erfahrungen und alle Versuche über diesen Gegenstand haben es hinlänglich bewiesen.

Von den Thüren. Die gußeisernen oder blechernen Thüren müssen wenigstens 0,325 Meter oder 15 Zoll von dem Feuer entfernt sein, damit sie

nicht dessen erster Wirkung ausgesetzt sind, und man bekleidet sie aus diesem Grunde oft mit feuerfesten Ziegelsteinen. Es ist dies eine gute Einrichtung bei Oefen, welche nicht unmittelbar durch einen Kessel abgekühlt werden, wie, z. B., bei Gasöfen; bei Siedepfannen aber ist eine blecherne oder gußeiserne Thür mit zwei unbedeckten Oeffnungen hinreichend. Ist der Zug gut und wird der Rost immer gehörig gereinigt, so wird die Thür nie rothglühend. Der Raum, welcher die Thür trägt, muß außerhalb angebracht, und soviel, als möglich, mit der Verankerung des Ofens verbunden sein. Man muß diesen Raum mit eisernen Schraubenbolzen befestigen, um ihn, wenn es erforderlich sein sollte, ohne irgend eine Beschädigung wegnehmen zu können. Oft gibt man dem Rahm gußeiserne Füße, welche über den Aschenfall hinaus und bis auf die Sohle gehen. Rahme, welche in das Mauerwerk eintreten, beschädigen dasselbe fortwährend durch ihre Ausdehnung (Tafel I, Fig. 3).

Von den Heerden. Der Heerd, dessen Dimensionen von denen des Rostes, sowie von der Beschaffenheit des Brennmaterials abhängen, muß auch soviel, als möglich, mit seiner Erweiterung die Siederöhren umfassen. Die Wände müssen aus guten Ziegelsteinen aufgeführt werden, und man muß jede Schicht um einige Millimeter zurücklegen, um die Erweiterung zu veranlassen und ohne die Ziegelsteine behauen zu müssen. Durch die Einwirkung des Feuers werden diese Flächen sehr bald geebnet, wenn ein Ofen für Dampfkessel oder für Siedepfannen gute Verhältnisse hat, und wenn sein Zug lebhaft ist, so braucht der Heerd nicht von feuerfesten Ziegelsteinen aufgeführt zu sein, sondern es reichen gute gewöhnliche Ziegelsteine aus. Was die Wände des Heerdes sehr leicht zerstört, ist die Einwirkung eines

Feuers von zu geringer Lebhaftigkeit, welches gewissermaßen in die Oefen, die keinen wesentlichen Zug haben, schlägt. In den Schweißöfen bringt man diese Wirkung dadurch hervor, daß man die Flamme da, wo sie in die Esse übertritt, zusammenzieht, oder daß man dem Ofen einen engen Fuchs gibt, so daß die Flamme die Wände und die Sohle des Ofens, sowie das daraufliegende Metall, erhitzen kann.

Beschreibung des Ofens von dem Kessel einer Dampfmaschine von acht Pferdekräften. Nachdem wir nun die allgemeinen Grundsätze nach und nach auseinandergesetzt haben, wollen wir einige Beispiele von Dampfofen-Construction anführen. Es wird uns ein Leichtes sein, in die Einzelnheiten ihrer Anwendung auf die hauptsächlichsten, sich darbietenden Fälle, einzugehen, um ihr Verständniß und ihre Anwendung practisch und sicher zu machen. Als erstes Beispiel wollen wir einen Kessel (Taf. I, Fig. 1, 2 u. 3) aufführen, der mit Sieveröhren versehen, und im Stande ist, eine Woolf'sche Dampfmaschine von 8 Pferdekräften zu speisen. Es sind diese Oefen die verwickeltsten und diejenigen, welche am Schwierigsten anzulegen sind.

Woolf'sche Dampfmaschine von acht Pferdekräften. Eine Maschine von acht Pferdekräften nach dem Woolf'schen Systeme, verbraucht, wenn sie in vollem Betriebe ist, 3—3,25 Kilogr. Steinkohle in der Stunde und auf die Pferdekraft, oder auf die acht Pferdekräfte 24—26 Kilogr. Wir halten es für zweckmäßig, die von dem Ofen zu verbrennende Steinkohlenmenge auf 40 Kilogr. zu erhöhen, um so eher, da ein Theil des Dampfes zu andern Zwecken benutzt werden kann, wie zur Erwärmung der Werkstätten 2c. Um 40 Kilogr. Steinkohle in der Stunde zu verbrennen, müssen die Essen und die Canäle 13 Quadratdecimeter im Durch-

schnitte haben; für 60 Kilogr. 20 Quadratdecimeter. Wir haben der Esse, von der wir reden, einen Querschnitt gegeben, der 0,44 Meter lang und 0,32 Meter breit ist. Was nun die Canäle betrifft (E, G, H, I, K, L), so muß sich ihre Gestalt nach der der Kessel biegen, um welche sie circuliren; aber in allen Fällen müssen sie sämmtlich gleiche Oeffnung haben, d. h. 13½ Decimeter. Es ist dies eine der wichtigsten Bedingung zur Erlangung guter Oefen. Unter den Siederöhren macht man sie 0,75 Meter breit und gibt ihnen eine mittlere Höhe von 0,18 Meter; zwischen den beiden Siederöhren und dem Kessel M, wo man sie nicht höher, als 0,42 Meter machen kann, sind sie 0,32 Meter breit, welches stets einen Querschnitt von 13½ Quadratdecimeter gibt. Mit einem Wort, man muß mit der größten Sorgfalt jede Verengung und jede Erweiterung in den Canälen vermeiden.

Die Beschreibung und Abbildung, welche wir hier mittheilen, ist die eines von uns ausgeführten Ofens, der sehr gute Resultate giebt.

Der Rauch geht bei'm Ausströmen aus dem Heerde unter den Siederöhren hindurch, in einen Canal L (Fig. 1, 2 und 3), welcher 0,75 Meter breit und im Durchschnitt 0,18 Meter hoch ist. Wenn es die Localitäten erfordern, daß die Esse am Vordertheile des Ofens angebracht sei, so geht der Rauch auf den Siederöhren aufwärts in den Centralcanal MJ, der durch einen horizontalen Ziegelsteinscheider m gebildet ist, welcher den Zwischenraum zwischen den beiden Siederöhren und den beiden Mauern n, n verschließt, welche auf den Siedenröhren selbst aufgeführt worden sind. Dieser Canal hat 0,32 auf 0,45 Meter; der Rauch entwickelt sich darauf durch die Oeffnung G (Fig. 1) in dem linken Canal J, geht in den rechten Canal K über, indem

er um den Kessel circulirt, kommt nach der Vorderseite **H** zurück und begibt sich darauf in die Esse **D**. Die Dimensionen dieser Seitencanäle sind 0,20 Meter auf eine mittlere Höhe von 0,67 Meter, d. h. stets $13\frac{1}{2}$ Quadratdecimeter.

Die Nothwendigkeit, die Esse an dem vordern Theile des Ofens anzubringen, hat die Einrichtung von 4 Circulationen von Canälen erfordert. Einer derselben ist unnütz; jedoch haben wir allen den verlangten Querschnitt von $13\frac{1}{2}$ Quadratdecimeter geben können, welches offenbar unmöglich war, wenn der Kessel 16 oder 20 Pferdekräfte hatte und Canäle von 25—30 Quadratdecimeter erforderte. Wenn es in ähnlichen Fällen erforderlich ist, den Rauch nach dem Vordertheile des Ofens zurückzuführen, und jedesmal, wenn man die Esse am Hintertheile des Ofens anlegen kann, wird man nur drei Canäle um den Kessel anbringen, einen darunter und zwei seitwärts. Es ist dies die vortheilhafteste und jetzt gebräuchlichste Einrichtung, und wenn es erforderlich ist, so führt man den Rauch durch einen in der Stärke des Mauerwerks angebrachten verlornen Canal der Esse zu. Es ist weit besser, einen Canal zu verlieren, der weiter nichts gewähren kann, als die übrigen zu verengen und einen schlechten Ofen zu erlangen. Die Construction des Ofens mit drei Canälen ist viel einfacher und stets gewinnt der Zug dadurch. Man sieht, Fig. 7, die Einrichtung, welche man alsdann den Canälen geben muß. Der Rauch geht unter den Siederöhren durch in den Canal **L**, kommt in den linken Canal **J** zurück und strömt durch den rechten Canal **K** nach der Esse.

Canäle. Die Canäle sind mit der größten Sorgfalt eingerichtet worden, die Kanten sind abgerundet und der Querschnitt vermehrt, ohne sie zu erhöhen, um die Verzögerung des Rauches auszu-

zugleichen, und um alles das zu vermeiden, welches dem Strome des Rauches ein Hinderniß in den Weg gelegt haben könnte. Die Ziegelsteine sind in diesen Canälen mit Ofenlehm aufgemauert worden. In der Esse wendet man Gypsmörtel an, wenigstens äußerlich und an den obern Theilen, wogegen man unten und im Innern zweckmäßiger Lehm anwendet.

Esse. Die Esse des vorliegenden Ofens ist 9 Meter hoch und 0,11 Meter oder 4 Zoll dick, indem sie an eine Mauer gelehnt ist und deshalb nur aus einer halben Ziegelsteindicke zu bestehen brauchte. Sie hat 200 Franken gekostet, und dennoch hält es schwer, bei einem Ofen einen bessern Zug und Gang zu sehen. Wir empfehlen den Fabrikanten, wenn sie Risse in einer Esse sehen und wenn diese auch nur in den Fugen zwischen den Ziegelsteinen vorhanden sind, mittelst einer Lichtflamme zu untersuchen, ob ein Ansaugen der äußern Luft durch diese offenen Risse stattfindet, und sie dann sogleich zu verschließen; denn wir haben durch Spalten dieser Art einen so starken Zug wahrgenommen, daß dadurch der Zug des Ofens, zu dem die Esse gehörte, vermindert wurde.

Rost. Der Rost liegt 0,30 Meter oder 12 Zoll von den Siederöhren entfernt; er hat, wie schon gesagt, 40 Quadratdecimeter Oberfläche, oder ist 5 Decimeter breit und 8 Decimeter lang, der Aschenkasten ist ebenso breit, als der Rost und 9 Decimeter tief.

Wenn man den Kesseln feste Ohren oder Lappen gibt, welches wir stets anrathen, so sind keine gußeisernen Träger erforderlich (Taf. I, Fig. 1 u. 2). Es ist hinlänglich, das Ziegelsteingewölbe aufzuführen, welches den Canal bis unter die Lappen (Tafel I, Fig. 10) verschließt; und damit die Belastung

gleich vertheilt werde und kein Setzen möglich sei, bringt man unter jeden Lappen einen 35—40 Centimeter langen Eisenstab, welcher alle Ziegelsteine miteinander verbindet. Niemals kann sich ein auf diese Weise aufgestellter Kessel biegen. Der hier beschriebene ruht auf 8 gußeisernen Trägern S, S, Fig. 2. Diese Träger müssen auf Würfeln von behauenen Steinen p ruhen, die fest mit der Ziegelsteinmauer verbunden sind, und welche man sich setzen läßt, ehe man die Sieveröhren mit dem Kessel verbindet.

Die gußeiserne Platte e, auf welcher der Kopf der Sieveröhren ruht, darf nicht unter die Widerlagen des Gewebes treten; denn alsdann könnte man sie nicht wegnehmen, ohne das Gewölbe zu zerstören. Die, welche den Vordertheil des Heerdes bildet, wird durch die Einwirkung des Feuers und der Werkzeuge des Heizers oft zerbrochen, weshalb man ihr feste Auflagen geben, oder sie auf ein Ziegelsteingewölbe legen muß (Taf. I, Fig. 1 u. 3).

Wenn der Kessel mit drei kupfernen oder blechernen Sieveröhren versehen ist (Taf. I, Fig. 5), so muß man ihre ganze untere Oberfläche dem directen Feuer aussetzen. Zu dem Ende verschließt man den sie trennenden Zwischenraum mit Ziegelsteinen m, m und führt auf der mittelsten Sieveröhre eine Mauer n auf. Nachdem der Rauch unter den Sieveröhren L circulirt hat, muß er nacheinander in die beiden Seitencanäle f und k übergehen. Obgleich die Form dieser Canäle, wegen der Unregelmäßigkeit der Umrisse, von den Sieveröhren und dem Kessel sehr unregelmäßig ist, so muß man ihnen doch einen gleichen Durchschnitt geben, sie müssen ihren Umrissen folgen und fast ihre Form annehmen, wie die punctirte Linie a a, Fig. 5, zeigt, damit sie stets denselben freien Durchgang gewähren.

Der Kessel mit drei Sieberöhren (Taf. I, Figur 5) ist 5 Meter lang. Die Sieberöhren haben 0,32 Meter im Durchmesser und 1 Meter in der Peripherie, sowie zusammen 9 Quadratmeter Oberfläche. Die dem directen Feuer ausgesetzte Oberfläche ist gleich $\frac{2}{3}$ von der ganzen, d. h. 7 Quadratmeter, und entspricht fast einer ganzen Oberfläche von 13—14 Quadratmeter. Der Kessel würde für eine Maschine von 12 Pferden und von mittlerm Drucke, die in der Runde 35—38 Kilogr. Steinkohlen verbrauchen, hinreichend sein. Die Esse mußte 15 Quadratdecimeter und der Rost 45 Quadratdecimeter Querschnitt haben.

Heerd, welcher die Sieberöhren umgibt. Wir haben (Taf. I, Fig. 4) eine Ofeneinrichtung beschrieben, die uns ebenfalls zweckmäßig zu sein scheint, wiewohl wir es wirklich nicht wissen, ob sie besser ist, als die Einrichtung der Fig. 5, 6 und 7 oder nicht. Die beiden Sieberöhren sind vollständig von der Flamme des Heerdes umgeben und von einem Gewölbe von feuerfesten Ziegelsteinen bedeckt, welches die Wärme reflectirt und concentrirt. Darüber circulirt in zwei Canälen der Rauch um den Kessel, sicher ist die ganze Oberfläche der Sieberöhren direct erhitzt; allein da ihr oberer Theil leicht mit Asche bedeckt wird, so gibt er nur wenig wirklichen Effect, auch heben die Ziegelsteine einen Theil der hervorgebrachten Wirkung wieder auf. Auf der andern Seite glauben wir, daß die Sieberöhren oben leichter verbrennen, weil der dort sich anhäufende Dampf durch Entfernung des Wassers das Blech nicht mehr abkühlen kann, so daß es rothglühend wird und verbrennt. Endlich macht diese Einrichtung die Vorrichtung zweier hinreichend weiten Canäle um den Kessel sehr schwierig.

Oefen für einen Kessel mit flachem Boden. Bei dem Baue des Ofens von einem Niederdruckkessel von quadratischer und unten etwas concaver Form (Taf. I, Fig. 12 und 13), muß man sich erinnern, daß jedes Quadratmeter Eisen- und Kupferblech, welches dem directen Feuer ausgesetzt ist, ohngefähr 72 Kilogr. Dampf in der Stunde, bei einem Verbrauche von 12 Kilogr. Steinkohlen, gibt. Der Kessel bietet dem Feuer eine Oberfläche von 3 Quadratmeter dar; es ist dies ein Verbrauch von 40 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde, oder, will man Vorsicht berücksichtigen, von 40 Kilogr., d. h. die Esse muß $13\frac{1}{3}$ Quadratdecimeter Querschnitt haben, und der Rost G demnach das Dreifache oder 40 Quadratdecimeter.

Die Form, welche wir der Ofenthür P gegeben haben, ist haushälterisch und für Fabriken chemischer Producte und zumal darin sehr bequem, daß man eine gußeiserne Thür vermeidet, welche durch die Einwirkung der Wärme sehr häufig zerspringt. Diese hier (Figur 13) besteht aus einem doppelten Ziegelsteingewölbe g, von denen das eine über das andere gestellt ist, wie bei der Thür eines Gebäudes. Man verschließt diese Oefen mit einer alten Blechtafel, die mit einem Griffe versehen ist, und wenn man fürchtet, daß sie zuviel Luft in den Ofen dringen läßt, so kann man diese Thür geschlossen halten, und zwar mittelst eines eisernen Bogens, ähnlich denen, womit man die Oeffnungen der Cylinder bei der Scheidewasserbrennerei verschließt. Die quadratischen Eisenstäbe G, G werden ohne Vorbereitung angewendet und lassen sich sehr leicht hinwegnehmen; vorn biegt man sie oft rechtwinklig um. Die Einrichtung dieser Stäbe unter der Vorderplatte des Heerdes P (Fig. 12) ist die der Oefen in den Eisenhütten. Ihre Anwendung bei den Oefen der vorliegenden

Art ist sehr vortheilhaft, denn sie bietet die hervorragendsten Vortheile durch eine leichte Reinigung oder durch ein rasches Auswechseln einer verbrannten Stange während des Betriebes dar. Der Rauch circulirt nur einmal um den Kessel, ehe er in die Esse tritt. Man bemerkt nur, daß der Canal JJ sich nach K zu erhebt, indem er über der Thür P des Ofens weggeht, und daß, da man den Kessel nie über dem Wasserstande K erwärmen kann, damit er nicht verbrennt, dieser Canal breiter gemacht werden muß, damit er nicht höher gemacht zu werden braucht. Demnach ist er in K statt 0,55, auf 0,25 Meter, 0,33 auf 0,40 Meter. Man sieht (Fig. 12 und 13) die Oeffnungen 0,0 an der vordern Seite des Ofens als Verlängerung der Canäle und in f den blechernen Hut über der Esse, der fest in einen Quaderstein eingelassen ist, damit ihn der Wind nicht wegnehmen kann.

Von den Oefen, in denen Holz oder Torf verbrannt werden soll. Was nun die Oefen betrifft, in denen Holz verbrannt werden soll, und die zuweilen zur Feuerung der Dampfmaschinenkessel und der Abdampf- oder Siedepfannen angewendet werden, welches nur von dem verhältnißmäßigen Preise der verschiedenen Brennmaterialien an einem Orte abhängt, so hat Herr Péclet bei gleicher Dampfproduction die Rostoberfläche bei'm Verbrennen von Holz fast um $\frac{1}{4}$ vermindert, d. h. zum Verbrennen von 10 Kilogr. Holz gebraucht er 3 Quadratdecimeter Rostoberfläche; und es sind diese 10 Kilogr. Holz 4,30 Kilogr. Steinkohle gleich, wofür wir eine Rostoberfläche von 4,3 Quadratdecimeter annehmen.

Es ist dies das von den Herren Gros-Davilliers, Roman u. Comp., in Folge ihrer Versuche, angenommene Verhältniß.

Sie haben bemerkt, daß, wenn man Holz verbrennt, die Luft viel vollständiger verbrannt in die Esse gelangt, und daß sie es, anstatt wie bei der Steinkohle zur Hälfte zu sein, wenigstens zu zwei Drittel ist, so daß nur höchstens 7 oder selbst 5 Procent freier Sauerstoff darin bleiben. Es lassen sich daraus mehrere Folgerungen machen:

1) Da die Luft vollständiger verbrannt ist, so kann man mit demselben Essenquerschnitt und denselben Canälen an Holz und Torf verhältnißmäßig eine weit größere Menge verbrennen, als an Steinkohle.

2) Ein Ofen, dessen Canäle und Esse zu eng sind, gibt mit Holz offenbar vortheilhaftere Resultate, als mit Steinkohle.

3) Man kann den zur Verbrennung von Holz und Torf bestimmten Canälen einen geringern Durchschnitt geben, als wenn sie zur Verbrennung von Steinkohlen dienen müßten. Das Verhältniß der Heizkraft des Holzes zu der der Steinkohlen beträgt nach denselben Versuchen 1 zu 2,28, und der Verbrauch steht im umgekehrten Verhältniß.

Man hat zu Wesserling, in Folge von den weiter oben erwähnten Versuchen, das Verhältniß von 0,80 Meter Rost angenommen, um mit einem guten Zuge 350 Kilogrammen Holz zu verbrennen, welche $\frac{350}{228}$ = 153 Kilogr. Steinkohle gleich sind.

Dimensionen, welche von verschiedenen Maschinenbauern angenommen worden sind. Nach den weiter oben mitgetheilten Daten muß ein Ofen, der im Stande ist, 150 Kilogr. Steinkohlen zu verbrennen, haben:

Esse und Canäle	0,45 □Met.
Rost 0,45 □Meter × 3 . . .	1,35 „

Zu Wesserling hat man 0,80 Meter angenommen, das sind demnach 60 Procent von dem Roste, der zur Steinkohle bestimmt war, wenn man einer lebhaften Verbrennung zur Production von Dampf zu Calcinationen ꝛc. bedarf.

Wenn man aber, wie schon bemerkt, einer langsamern Verbrennung, z. B. zu Abdampfungen ꝛc., bedarf, so muß man dem Rost eine Oberfläche geben, die das Drei- oder Vierfache von dem Querschnitte der Canäle beträgt.

Herr Grouvelle hat in der großen Saline Briscous bei Bayonne Oefen mit Holzspeisung zur Abdampfung der Salzsoole erbaut und lange Zeit hindurch beaufsichtigt. In den beiden Oefen, welche die besten Resultate in Beziehung auf den Haushalt geben, ist das Verhältniß der Canäle zum Roste wie 1 zu 4, das der Heizoberfläche zu dem Roste betrug 18 oder 20 zu 1. Zu Dieuze sind die Roste im Verhältniß zu den Canälen wenigstens ebenso groß; allein das Verhältniß der Heizoberfläche der Kessel zu dem Rost ist weit größer.

In der besten Siedepfanne zu Briscous verdampft 1 Kilogr. Eichenholz, welches 8 Monate vorher geschlagen worden ist, 2,33 Kilogr. Wasser. Zu Wesserling hat im Durchschnitt der beste Kessel mit Fichten- und Buchenholz, welches 13 Monate vorher geschlagen und 6—9 Monate vorher kleingemacht worden war, 2,72 Kilogr. gegeben, Resultate, die sich sehr nahe zu stehen scheinen.

Einrichtung der Heerde. Die wichtigste Bedingung bei'm Verbrennen von Holz oder Torf ist die, dem Heerde viel Räumlichkeit und eine bedeutende Höhe zu geben; denn die Luft strömt leichter durch das Holz, als durch die Steinkohle, und wenn die Schicht von jenem nicht dicker wäre, so würde nur eine zu geringe Luftmenge verbrannt wer-

den; dann unterhalten diese Brennmaterialien auch das Feuer nicht so lange, wie die Steinkohle; das Holz entwickelt seine Wärme sehr schnell und fällt auch ebenso schnell; es ist demnach unerläßlich, eine größere Menge davon auf dem Heerde aufzuhäufen. Das Holz hat eine sehr lange Flamme, es erfordert daher auch einen größern Raum zu seiner Entwickelung, um sich mit der Luft zu vermengen, um seine ganze Wärme zu entwickeln und um seinen ganzen Nutzeffect hervorzubringen. Zu dem Ende macht man die Heerde bis zu dem Kessel wenigstens 0,50—0,54 Meter hoch; mit Torf und mit Holz bis 0,60 oder 0,70. Wenn die Höhe sehr bedeutend ist, so leidet der Betrieb des Kessels darunter, welches dadurch bewiesen wird, daß die Dampfproduction mit Reißholz alsdann besser erfolgt, als mit Klafterholz, indem deren Flamme länger und die Verbrennung augenblicklicher ist. Zu Briscous mußte die Entfernung von 0,72 auf 0,54 oder 0,60 Meter reducirt werden; verminderte man sie auf 0,35 Meter, welches für die Steinkohle vollkommen zweckmäßig war, so erlangte man nur ein langsames, schwieriges Kochen, einen größern Verbrauch und einen schlechten Betrieb. Die zu Wesserling angenommene Höhe beträgt 0,80 Meter; allein wir glauben, daß dieselbe für einen gutgeleiteten Heerd zu bedeutend ist. Die geschickten Besitzer dieser Fabrik haben wohl gefunden, daß mit bedeutenden Holzladungen die Entfernung von 0,82 Meter vortheilhafter war; und es geht aus ihren eignen Versuchen hervor, daß die Production mit mäßigen Ladungen des Brennmaterials vortheilhafter ist, als mit starken; allein, ihre Versuche wurden mit buchenem und fichtenem Holze gemacht, welches 13 Monate vorher geschlagen und 6—7 Monate vorher kleingemacht und daher sehr trocken war. Zu Briscous dagegen wurde fast nur

Eichenholz verbrannt, welches 8 oder 10 Monate, oder 1 Jahr vorher geschlagen worden war, und es nähert sich folglich die Beschaffenheit des Brennmaterials mehr der des Holzes, der Rost muß weiter sein und die Höhe des Heerdes geringer.

Anzunehmende Verhältnisse. Combinirt man die vorhergehenden Resultate, so kann man auf diese Weise dahin gelangen, die Regeln zu bestimmen, welche bei'm Bau der Oefen zur Verbrennung von Holz oder Torf befolgt werden müssen.

Ein Ofen, der 70 bis 80 Kilogramm Holz in der Stunde verbrennen muß, die gleichen Werth mit 35 Kilogramm Steinkohlen haben, würde eine Esse und Kanäle von 0,10 Quadratmeter Querschnitt haben müssen.

Um Dampf zu erzeugen, oder jede andere Wirkung hervorzubringen, die eine sehr lebhafte Verbrennung erfordert, müßte der Rost bei Fichten- und Buchenholz den doppelten, mit Eichenholz den dreifachen Querschnitt der Kanäle haben.

Bei Abdampfungen oder bei langsamerer Verbrennung,

mit Fichten- und Buchenholz den dreifachen,

und mit Eichenholz den vierfachen Querschnitt der Kanäle.

Die Entfernung des Rostes von dem Kessel, oder die Tiefe des Heerdes wird betragen:

Mit Fichten- und Buchenholz, bei Erscheinungen von 300 bis 350 Kilogramm in der Stunde	8,80 Met.
Bei Einschürungen von 200 bis 250 Kilogramm	0,65 "
Mit Eichenholz	0,60 "

Man muß dem Rost stets die Länge des an dem Ort gebräuchlichen Holzes geben, um es besser arrangiren zu können, und um jedes Zerschneiden zu vermeiden.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß die beste Höhe des Kessels über dem Rost sich nach der Breite des Kessels richten muß. Bei den Oefen der Salzsiedepfannen zu Dieuze liegt der Rost zur Verbrennung von Steinkohlen mindestens 1 Meter unter den Pfannen. Diese Einrichtung hat ohne Zweifel den Zweck, eine Circulation zu gestatten, und daß Reparaturen unter diesen Kesseln gemacht werden können; jedoch ist es gewiß, daß der Betrieb nicht darunter leidet und daß die Resultate gut sind. Dieß erklärt sich durch die sehr bedeutende Breite der Pfannen, welche 12 bis 15 Meter beträgt, welche daher ein zu niedriger Heerd nur auf einen kleinen Theil feuern würde, während daß der Rost, 1,00 oder 1,30 Meter von dem Kessel entfernt, die Wirkung des Feuers zu beiden Seiten auf eine große Entfernung fortträgt. Was nun den großen Nutzeffect betrifft, den man davon erlangt, so rührt er daher, daß die Pfannen eine sehr große Oberfläche, und verhältnißmäßig eine geringe Leistung haben, und daß die Abdampfung in einer Temperatur erfolgt, die weit unter der des Siedpunctes ist.

Bei der Anwendung von Torf sind die Einrichtungen und Verhältnisse dieselben; nur muß man den Räumen unter dem Kessel etwas mehr Höhe geben, weil der Torf viel Asche hervorbringt, die der Luftstrom stets absetzt.

Heerde mit niederwärts gehender Flamme. Es ist dieß eine von den gewöhnlichen Heerden zur Verbrennung von Steinkohlen oder Holz, gänzlich abweichende Einrichtung, es sind dieß die Heerde mit niederwärtsgehender oder umgekehrter Flamme, mit oder ohne Rost, die bis jetzt ausschließlich zur Feuerung von Töpfer- und Porzellanöfen ꝛc. angewendet wurden, obgleich wir überzeugt sind, daß sie mit gutem Erfolg selbst bei der Dampfentwickelung angewendet werden können.

Wenn man mit gehörig verhältnißmäßigen Dimensionen, wie wir sie angegeben haben, unmittelbar zur Seite des Heerdes und über der Feuerbrücke einen senkrechten Kanal anbringt, der zuvörderst 1 oder 2 Meter niederwärts geht, und sich dann erhebt, um sich in eine Esse zu begeben, die sich mehrere Meter über dem Heerd erhebt, so wird man ohne Mühe begreifen, daß, wenn die Esse einmal erwärmt ist, der hergestellte Zug die Flamme des Heerdes in dem ersten Kanal abwärts zu strömen nöthigt, und die ihrer Wirkung ausgesetzten Gegenstände, auf diese Weise, niederwärtsgehend erwärmt.

Heerde mit niederwärtsgehender Flamme ohne Rost. Wenn man, statt auf diese Weise den niederwärtsgehenden Zug über der Feuerbrücke herzustellen, man den abfallenden Kanal unter dem Rost selbst herstellt, so ist es offenbar, daß die Flamme und die ganze Wirkung des Brennmaterials durch den Rost gehen würden, um sich, abwärtsgehend in die Esse zu begeben. Jedoch würde alsdann der Rost rothglühend und in ganz kurzer Zeit zerstört werden. Wenn man Einrichtungen dieser Art anwendet, so müssen die Roste nothwendig wegbleiben. Wir geben (Taf. IX, Fig. 6 u. 7), Feuerungen, die mit Steinkohlen in Töpferöfen und mit Holz in Porzellanöfen angewendet werden. Im Französischen nennt man Heerde dieser Art **Alandiers**.

Niederwärtsgehender Heerd mit Steinkohlen. Der Heerd ist ein einfacher Raum von feuerfesten Ziegeln mit einer Oeffnung nach dem Ofen zu, der offenbar als Esse dient; eine andere obere Oeffnung läßt die durch den Zug angesaugte kalte Luft auf das Brennmaterial gelangen. Eine bewegliche Thür von gebranntem Thon dient zur Vergrößerung oder Verkleinerung dieser Oeffnung, sowie zur Regulirung des Einströmens der Luft, und

folglich auch der Lebhaftigkeit der Verbrennung. Um nun dem untern Theil der Brennmaterialmasse die Luft zuzuführen, deren sie bedarf, sowie auch, um die Asche und die Cinders, welche die Steinkohlen geben, fortzuschaffen, hat der Aschenkasten auch eine Oeffnung, die man so mit Ziegelsteinen und Lehm vermauert, daß Oeffnungen bleiben, durch welche die Luft einströmen kann, und durch deren weitere Oeffnung oder dichtere Verschließung, man die Verbrennung beschleunigen oder verzögern kann. Sollen diese Heerde eine gute Wirkung haben, so muß man nur Stückkohlen zu deren Feuerung anwenden, damit zwischen den Stücken stets ein hinlänglicher Raum für die Circulation der Luft bleibe.

Niederwärtsgehende Heerde mit Coaksfeuerung. Herr Grouvelle hat für die Luftwärmöfen der Herren Lemare und Jametel in der Bäckerei der Herren Gebrüder Mouchot, Heerde mit niederwärtsgehender Flamme und mit Coaksfeuerung eingerichtet, welche einfache Räume von sehr feuerfesten Ziegelsteinen sind, von allen Seiten geschlossen, und die oben durch eine Schiebertbür gespeis't werden, durch welche man die Verbrennung reguliren kann. Diese Verbrennung erfolgt außerordentlich gut, die Temperatur ist sehr hoch, der Unterhalt des Ofens sehr regelmäßig und leicht, und die Reinigung von Asche und Schlacken erfolgt nur alle 8 Tage einmal, mittelst einer Oeffnung an der Vorderseite, die gewöhnlich mit Ziegelsteinen verschlossen ist.

Es lassen sich diese Heerde sehr gut anwenden und gewiß werden sie in der Folge häufig benutzt werden.

Heerde mit niederwärtsgehendem Zug und mit Holzfeuerung. Bei den Heerden dieser Art mit Holzfeuerung, die nicht wie die mit

Steinkohlen gespeisten, einer Verstopfung durch Schlakken und zusammengebackene Kohlen, unterworfen sind, liegt das Brennmaterial nicht in einem besondern Raum. Man legt das Holz z. B. quer über die Oeffnung, durch welche die Luft und die Flamme angesaugt werden; indem diese Luft die Holzschichten durchströmt, unterhält sie die Verbrennung an der innern Oberfläche, und in dem Maaß, als das Holz verzehrt wird, legt man neue Scheite darauf. Das, was von Asche und Kohlen rückständen nicht durch den Zug hinweggenommen wird, fällt in einen Raum unter dem Heerde und wird von Zeit zu Zeit mittelst einer untern Thür weggenommen. Der Zug ist in den Porzellanöfen so mächtig, daß man die Hand auf die Holzmasse, die über dem Heerde liegt, und die in voller Verbrennung ist, legen kann, ohne die geringste Empfindung der Wärme zu haben. Außerdem haben diese Heerde den Vorzug, daß sie den Rost nicht verbrennen; ihr Betrieb ist leicht, und sie gestatten innerhalb sehr weiter Grenzen, die Verhältnisse der Luft, welche dem Heerde zugeführt werden, und folglich auch die Art der Verbrennung, sehr zu verändern, da man bei Heizung mit Steinkohlen die Luft von oben und von unten zuströmen lassen kann, um eine intensive und rauchlose, oder nur eine geringe Verbrennung zu erlangen; sowie man auch der Steinkohle die Luft leicht gänzlich entziehen und die Flamme nöthigen kann, den obern Theil des Ofens zu erwärmen, welches bei einem Rost nicht möglich ist, indem derselbe glühend wird und verbrennt, sobald man den Zug verzögert.

Oefen von Selligue zur Fabrication des Wassergases. Zur niederwärtsgehenden Erwärmung senkrechter Retorten angewendet, sowie es Herr Selligue bei den Oefen zur Fabrication des

Wassergases gethan hat, gibt die niederwärtsgehende Flamme auf einer großen Höhe eine vollkommen gleiche Erwärmung, welches man nur sehr schwierig durch jedes andere Verfahren erreichen würde. Die Benutzung der Wärme ist hier leicht, denn der heißeste Theil eines Flammenstromes nimmt, wegen seiner größern Leichtigkeit, die obern Theile ein, und steht nur in weniger Berührung mit den Seitenoberflächen, wie wir schon bemerkt haben; allein da hier der Strom senkrecht und abwärtsgehend ist, so sucht die ganze Kraft der Wärme nach Oben zu entweichen und muß folglich, indem sie dem Ansaugen der Esse widersteht, von den Seiten entweichen und senkrechte Oberflächen trefflich erwärmen können. Die Berechnung ihrer Dimensionen ist dieselbe, wie für jeden andern Ofen von hoher Temperatur.

Oefen unter der Sohle der Maschine und in der Erde. Zur Vervollständigung der allgemeinen Bemerkungen über die Ofenconstruction, vorzüglich derer, die zur Dampfproduction bestimmt sind, müssen wir jetzt noch hinzufügen, daß man dahin sehen muß, sie wenigstens 0,60 Meter oder 24 Zoll unter dem Fuß des Cylinders der Maschine anzulegen, weil das Condensationswasser aus dem Mantel, wenn die Maschine einen solchen besitzt, leichter zu dem Kessel zurückgeht; dann auch besonders, weil der Dampf, entweder bei einem plötzlichen Aufkochen, oder auch bei einem regelmäßigen Betriebe, wenn er sehr reichlich gebildet wird, oft Wasser mit sich führt, welches bis zu den Schieberventilen und bis zu dem Cylinder gelangen kann; es geschieht dieß um so häufiger, als die Maschine minder hoch über dem Kessel liegt.

Es ist auch gut, die Oefen unter der Sohle anzubringen; sie nehmen dort weniger Platz ein, erhalten die Wärme besser und Explosionen würden

in diesem Falle minder gefährlich sein. Zu gleicher Zeit vermeidet man es auch, ihnen sehr dicke Wände zu geben und sie mit Eisenverankerungen zu versehen, indem sie der umgebende Erdboden zusammenhält; denn die Kesselöfen zerreißen in Folge der Einwirknng der Wärme und der Ausdehnung des Metalles fortwährend, wenn sie nicht durch gußeiserne Säulen und schmiedeeiserne Zugstangen zusammengehalten werden, oder zwischen zwei Mauern stehen (Taf. I, Fig. 3).

Armirung der Oefen. Ein aus Ziegelsteinen bestehender Ofen muß immer gegen das Auseinandertreiben des Kessels oder der Metalltheile, die er umschließt, und gegen die Einwirkung des Feuers, welches das Mauerwerk, besonders in der Nähe des Heerdes, leicht beschädigt, geschützt sein.

Wenn die Dampfkesselöfen in der Erde oder zwischen zwei festen Mauern angebracht sind, so hat es gar keine Gefahr, sie auf der vordern Seite ohne Armirung zu lassen; wenn sie aber freistehende Flächen haben, und wenn Mangel an Raum es nicht gestattet, den Seitenmauern die erforderliche Stärke zu geben, so muß man sie mit Eisen verankern.

Wir wenden oft eiserne Säulen an, die unten in der Erde eingelassen und die oben, quer durch den Ofen oder über demselben, mit langen Bolzen verbunden sind, wie bei den Puddel- und Schweißöfen. Diese Armirungen sind zwar schwer und kostbar, aber sehr fest und lassen sich ohne jede Mühe wegnehmen, um bei allen Dimensionen der Oefen angewendet zu werden. Oft bringen wir an den Kanten der Oefen Säulen von flachen Eisenstäben an und verbinden sie durch Bolzen, die von einer Ecke zur andern gehen. Allein eine vortreffliche Einrichtung, die, wie wir glauben, von Herrn Connord, einem geschickten Ofenbaumeister, herrührt, be-

steht darin, in allen Theilen des Ofens, welche zu leiden haben, und von drei zu drei Reihen von Ziegelsteinen der Länge und Breite nach, eiserne Bänder von $\frac{3}{4}$ Millimeter starkem und $2\frac{1}{2}$ Centimeter breitem Flacheisen anzubringen, welche 10 bis 12 Centimeter von ihren Enden zwischen zwei Ziegelsteinfugen zusammen verbunden sind. Mit 15 Kilogramm Eisen verankert man einen von drei Seiten freistehenden Ofen für eine Maschine von 6 bis 8 Pferdekräften, ohne daß er irgend eine Bewegung in dem Mauerwerk erlitten hätte.

Beaufsichtigung der Ofen-Construction. Wir können den Fabricanten, welche Dampfmaschinenöfen bauen lassen, es nicht genug anempfehlen, die Arbeiter, welche diese Arbeiten ausführen, genau zu beaufsichtigen. Zuvörderst, weil sie gewöhnlich gar keine Wichtigkeit auf die Dimensionen der Kanäle legen, so daß man, wenn der Ofen vollendet ist, oft in die Verlegenheit geräth, daß sie keinen lebhaften Zug haben, ohne die Ursache davon zu kennen, und dann, weil wir niemals einen Maurer getroffen haben, der, wenn er auf der einen Seite gehindert war, seinen Kanälen die gehörige Weite zu geben, er sie ohne Weiteres verengte, ohne daran zu denken, bei der einen Dimension das wieder zu gewinnen, was er auf der andern verloren hatte. Zweitens weil sie, wenn die Scheider, die man hier vorrichtet, nicht sehr fest sind, umfallen und auf diese Weise die Strömung der Flamme und des Rauchs verändern, und sie unmittelbar auf den Kessel richten und ihn verbrennen können. Es ist dieß fast allein die Ursache des Verbrennens oder der Abnutzung der Kessel, deren Sieteröhren allein die directe Einwirkung des Feuers erhalten müssen. Man bemerkt alsdann eine bedeutende Veränderung in dem Zuge des Ofens, denn wenn der zerstörte

Scheider einen der Kanäle verstopft hat, so wird der Zug gehindert, und wenn der Kessel reißt, so wird ein großer Theil der entwickelten Wärme dazu gebraucht, das ausströmende Wasser zu verdampfen und es wird unmöglich, den Dampf auf seiner gewöhnlichen Spannung zu erhalten. Dieses letztere Zeichen ist von solcher Wichtigkeit, daß, sobald man den Dampf sich schwierig entwickeln sieht, man die Maschine anhalten muß, weil alsdann der Kessel oder die Siederöhren ganz gewiß zerrissen, oder so mit Niederschlägen verstopft sind, daß sie eine sofortige Reinigung erfordern.

Generatoren mit innern Heerden.

Ihre wichtigste Anwendung. Wir vereinigen hier in einem einzigen Capitel das, die Generatoren mit innern Heerden Betreffende, d. h. wobei der Kessel selbst zu gleicher Zeit als Ofen dient. Um sie zu verstehen und um sie zu studiren, müßte man die Grundsätze der Construction dieser beiden verschiedenen Theile der Dampfapparate kennen. Die meisten Ingenieure, welche bei der Einrichtung der Kessel Verbesserungen anzubringen gesucht haben, haben sie dadurch zu erlangen geglaubt, indem sie den Heerd gänzlich mit Metall umgaben, welches durch Wasser abgekühlt wurde, und indem sie den Rauch mitten durch das Wasser, zwischen vielfachen und verwickelten Oberflächen, circuliren ließen, bis daß derselbe vollkommen abgekühlt war. Wir werden einige Worte über den besten Apparat dieser Art, den von Lemare, sagen; darauf werden wir in die vollständigsten Details über zwei besondere Systeme eingehen, welche eine ungeheure Anwendung haben, nämlich die Kessel der Dampfböte und der Locomotiven.

Heerde mitten in der Wassermasse. Der Gedanke, den glühenden Heerd mitten in die Wassermasse selbst zu bringen, um ihn damit zu umgeben, und jedes Theilchen der entwickelten Wärme zu sammeln, mußte sich häufig der Einbildungskraft der Maschinenbauer darbieten; wenn man aber die aufgefaßten Grundsätze gehörig gefaßt hat, und wenn man eine genaue Rechnung über das hält, was sich in ähnlichen Fällen ereignet hat, so wird man sehr bald erkennen, daß eine solche Einrichtung den gehegten Erwartungen nicht entspricht. Und wirklich, es hat die Erfahrung geredet, und besonders da, wo das Gewicht der aus Ziegelstein bestehenden Oefen kein absolutes Hinderniß ihrer Anwendung ist, wendet man metallene Kessel an, die von Heerden und Kanälen aus Ziegelsteinen umgeben sind.

Wir haben schon bemerkt, daß mehr als die Hälfte von der Heizoberfläche der directen und senkrechten Einwirkung des Feuers ausgesetzt sein müsse, und daß der größte Theil des Nutzeffectes auf dieser Oberfläche entstände.

Da nun der äußere Durchmesser, den man einem Kessel geben kann, beschränkt ist, und da er 1 Meter nicht übersteigen darf, so ist es offenbar, daß der Durchmesser des innern Cylinders, welcher den Heerd enthält, und folglich die direct ausgesetzte Oberfläche, nur sehr unbedeutend sein könne. Auch umgibt diese Oberfläche, statt fast horizontal über dem Heerde angebracht zu sein, ihn von der Seite und nimmt folglich seine Einwirkung nur indirect und unvortheilhaft auf, wie wir schon bemerkt haben. Es kann auch nur die obere Hälfte dieses Cylinders als Heizoberfläche betrachtet werden; denn der ganze untere, unter den Strömungen befindliche Theil, würde sich nicht erwärmen, selbst wenn er nicht unmittelbar mit Asche und Ruß bedeckt wäre. Um diese Nachtheile auszugleichen, muß man die Circu-

lation des Rauchs durch das Wasser vervielfachen, und alsdann ist das Verhältniß zwischen der directen und indirecten Oberfläche minder vortheilhaft.

Es sind auch noch andere Nachtheile mit dieser Einrichtung verbunden.

Man hat gleichfalls erkannt, daß die Verbrennung leide, wenn sie mit einer metallischen Oberfläche in Berührung stehe, die unaufhörlich äußerlich durch das Wasser abgekühlt.

Heerd zur Erwärmung des Wassers, in welchem das Feuer verlöschte. Wir wurden aufgefordert, unsere Meinung über die Ursachen zu sagen, welche einen Heerd dieser Art, der in einem Kessel zur Erwärmung von Badewasser angebracht worden war, zu wirken hinderten, indem es fast unmöglich war, das fortwährend erlöschende Feuer zu entzünden; wir fanden, daß dieser Heerd die drei größten Fehler dieses Systems vereinigte: der Heerd war zu klein und würde fortwährend durch die constante Berührung der zu häufigen Kesselspeisung abgekühlt; die Kanäle waren zu eng und die Rauchcirculation zu lang. Das Mittel war einfach: es bestand in der vollständigen Auswechslung des Apparats mit einem andern von verschiedenen Dimensionen und von anderer Einrichtung.

Gefahren der Abkühlung der Heerde. Damit das Brennmaterial und die Flamme vollständig und mit aller der für einen großen Nutzeffect nothwendigen Lebhaftigkeit verbrennen, müssen die Wände des Heerdes dieselbe Temperatur erlangen, als das entzündete Brennmaterial. In den innern Heerden ist die Verbrennung nicht so gut, wenigstens wenn man die Wände nicht mit Ziegelsteinen bekleidet, welches aber dem Grundsatze entgegen ist, welchen der Baumeister befolgen will. Es ist offenbar, daß, je größer der Heerd ist, und je be-

deutender auch die Menge des auf ein Mal entzündeten Brennmaterials sein wird, um so weniger nachtheilig dieser Fehler sein kann (183). Der in fortwährender und zu langer Berührung mit einer abgekühlten Oberfläche stehende Rauch, setzt auf derselben sehr bald eine Rußschicht ab, welche dem Durchgange der Wärme hinderlich ist und, wenn man zur bessern Benutzung dieser Wärme die Oberflächen vervielfacht, um den Rauch unter 250 und 300° abzukühlen, so wird, was noch nachtheiliger ist, der Zug verzögert, die Verbrennung wird langsam und schlecht und der Nutzeffect des Brennmaterials wird wesentlich vermindert. Eine unvermeidliche Folge dieser langen innern Circulation sind alsdann verwickelte Formen, eine schwierige Ausführung und besonders schwierige Reinigung und Reparaturen. Es sind dieß so bedeutende Mängel, daß man sie möglichst zu vermeiden genöthigt ist.

In England und besonders in Cornwall, hat man den Kesseln und ihren innern Röhren ungeheure Durchmesser gegeben, an deren vorderm Ende ein Heerd von sehr großen Dimensionen angebracht ist. Mit dem Princip, die Verbrennung bei einer niedrigen Temperatur vor sich gehen zu lassen, und indem man die Heizoberfläche soviel als möglich vermehrt, gelangt man mit einem Heerde, in welchem eine bedeutende Brennmaterial-Menge verbrannt wird, zu einer sehr guten Benutzung des Brennmaterials. In Frankreich würden diese Verhältnisse nicht stattfinden können, indem bei einer fast allgemeinen Anwendung von Hochdruckdämpfen von 5 Atmosphären, die Regierung die Anwendung so großer Durchmesser nicht gestatten würde, und weil man dort auch nothwendig hohe Temperaturen anwenden muß. Die Verbrennung muß aber in zu engen innern Heerden nothwendig leiden.

Zum Erwärmen des Wassers zu Bädern, wo man eines langsamen Feuers bedarf, erlangt man mit Hülfe einiger Vorsichtsmaaßregeln und mittelst einer langen Circulation von weitem Durchmesser treffliche Resultate mit den innern Heerden, allein die Wände dieser Heerde werden sehr schnell zerstört und ihre Reparatur ist schwierig. Wir rathen daher nie zu ihrer Anwendung, ausgenommen unter solchen Localumständen, bei denen Kessel mit Siederöhren nicht zulässig sind.

Generator von Lemare. Wir haben schon bemerkt, daß bei Einrichtungen dieser Art der Druck des Dampfes von Außen nach Innen auf den, den Heerd umgebenden Cylinder ausgeübt werde und daß der Widerstand eines Cylinders gegen einen äußern Druck weit davon entfernt sei, ebenso bedeutend, als gegen den innern Druck zu sein. Man muß daher, wie es Lemare gethan, die Wände verstärken, wodurch man aber einen guten Theil von den zu erreichenden ökonomischen Vortheilen verliert.

Alle die vorhergehenden Beobachtungen beziehen sich auf den Generator von Lemare. Dieser ausgezeichnete Mechaniker hatte die Fehler des Systems begriffen, dessen Vortheile er überschätzte; er hat alle seine Mittel zur Bekämpfung dieser Mängel angewendet und wir glauben nicht, daß irgend ein Apparat dieser Art sinnreicher combinirt sei und bessere Resultate gegeben habe, indem bei den Versuchen einiger Stunden die entwickelte Dampfmenge 8 — 9 Kilogramm, auf 1 Kilogramm Steinkohle, betrug. Jedoch ist eine solche Production von der der Praxis stets weit entfernt, und es kann dieser Apparat nur in kleinem Maaßstabe und in wenigen Fällen angewendet werden. Wir geben einen Umriß davon: das Princip ist ein vom Wasser umgebener Heerd und concentrische Umgebungen, welche die Berührung

des Wassers und des Rauchs vervielfachen, so daß dieser fast ganz abgekühlt ausströmt (Taf. VII. Fig. 24 und 25).

Kessel des Herrn Beslay. Ein von Hrn. Beslay vorgeschlagener Apparat besteht aus einer senkrechten Retorte, die im Mittelpuncte des Heerdes und der Esse angebracht ist; wir sehen keinen Vortheil bei dieser Einrichtung, selbst nicht den der Vermehrung des relativen Verhältnisses der Heizoberfläche zur ganzen Oberfläche, denn man muß stets Dampfbehälter haben, die das Feuer nicht verbrennen kann, und dann wird die Wirkung des Feuers großentheils auf die Wände des Ofens übertragen, und wirkt nur seitwärts auf die senkrechten Kesselwände. Endlich sind Flammen und Rauch nur auf einer kurzen Länge mit dem Kessel in Berührung und man würde mit einem Brennmaterial, welches eine lange Flamme giebt, nur sehr schlechte Resultate erlangen. Die mit kurzer Flamme würden mit diesen Apparaten nicht mehr geben, als mit gut eingerichteten, mit Siederöhren versehenen Kesseln.

Generator des Barons Séguier. Baron Séguier hat wiederholte Versuche mit einem Apparat gemacht, der aus Röhren besteht und bei dem er den glücklichen Gedanken hatte, ihn mit niederwärts gehender Flamme zu steuern und indem er das Wasser in umgekehrter Richtung von dem Rauche circuliren ließ. Mit diesem sehr sinnreich ausgedachten Apparate ist er dahin gelangt, wenigstens $6\frac{1}{2}$ Kilogramm Dampf mit 1 Kilogramm Steinkohle zu erzeugen. Es scheinen diese Kessel auf den Dampfböten der obern Seine mit sehr guten Haushaltsresultaten angewendet worden zu sein.

Verschiedenartige Erfindungen über denselben Gegenstand. Täglich werden in England, Frankreich und Deutschland Apparate dieser Art

erfunden und es werden Patente darauf genommen, und es ist zu bedauern, daß man diese Erfindungen fast immer nur Zeit- und Geldverlust nennen muß. Wir werden, ehe wir die Oefen verlassen, auf Mittel einer ganz andern Art zurückkommen, welche die Benutzung dieser verlorenen Wärme, ohne Benachtheiligung des Zugs, gestatten (250).

Incrustationen und Reinigung der Kessel.

Mittel die Incrustationen der Kessel und die daraus erfolgenden Unfälle zu verhindern. Alles zur Speisung der Generatoren angewendete Wasser enthält größere oder geringere Mengen von erdigen Salzen, die sich durch die Verdampfung niederschlagen und sich zuweilen zu kugelförmigen Massen zusammenhäufen. Vernachlässigt man die Reinigung der Kessel nach Verlauf einer gewissen Betriebszeit, so hängen die abgesetzten Salze mit den untern Wänden fest, d. h. mit denen, welche directe Einwirkung des Feuers erlangen, es bilden sich dicke Krusten oder Rinden, welche der schnellen Wärmedurchlassung hinderlich sind, den Brennmaterialverbrauch vermehren; das nicht mehr durch das Wasser abgekühlte Metall, indem die Rinde zwischen beiden liegt und die Abkühlung verhindert, wird glühend und verbrennt. Man nennt diese besonders auf dem Meere häufigen, erdigen oder schlammigen Absätze, Kessel- oder Pfannenstein.

Häufigkeit der Reinigung. Es ist demnach, ehe man etwas über die Häufigkeit der Reinigung bestimmt, erforderlich, die größere oder geringere Reinheit des Speisewassers zu kennen. Mit gewöhnlichem Flußwasser reicht man mit einer monatlichen Reinigung aus, wogegen man an einigen Orten schon nach wenigen Betriebstagen zu einer Reinigung schreiten muß; denn man kann den Kesselstein

ohne alle Mühe schon nach 24 Stunden erkennen. Damit nun die Reinigung mit gehöriger Sorgfalt und ohne Betriebs-Unterbrechung geschehen könne, muß man stets einen Kessel zur Reserve haben, um monatlich wechseln zu können. Man öffnet alsdann die Sieden öhre, läßt das Wasser ab und macht den Pfannenstein mit Hammerschlägen los, worauf man den Kessel sorgfältig auswäscht.

Rohr zum Fortschaffen eines Theils von dem Absatze, während des Betriebes. Es sind sehr viele Mittel versucht, um den Kesselstein zu vermindern oder zu verhindern: es giebt eins, durch welches man einen Theil der Absätze während des Betriebes fortschaffen kann, und welches sehr zweckmäßig ist. Es besteht darin, auf dem Kessel eine Röhre von 0,04 Meter (1½ Zoll) Durchmesser mit einem Hahne anzubringen, die bis außerhalb des Kesselhauses reicht. Diese Röhre dringt in den Generator und reicht, indem sie sich gabelt, bis auf den Boden der beiden Siederöhren.

Man wählt den Zeitpunct, wo der Betrieb des Tags geschlossen und das Feuer erloschen ist, wo also kein Siedem mehr im Kessel stattfindet, und wo sich die Absätze am Boden der Siederöhren sammeln können. Nach einer Stunde Ruhe, ehe der Dampf gänzlich gefallen ist, öffnet man den äußern Hahn dieser Röhre. Der innere Druck treibt das Wasser an den Enden der Röhre mit Heftigkeit heraus und es nimmt die Niederschläge mit sich, welche sich am Boden des Kessels angesammelt haben. Wiederholt man diese leichte Operation ein Mal wöchentlich, so wird dadurch die Menge der Niederschläge zwischen zwei Reinigungen sehr vermindert.

Dasselbe Verfahren, auf den Dampfschiffen angewendet, die das Meer befahren. Es wird dieses Verfahren auch auf den Dampf-

böten zu demselben Zweck angewendet; hauptsächlich aber, um einen Theil des mit Salz gesättigten Wassers, welches schon in dem Kessel zur Dampfbildung benutzt worden ist, herauszuschaffen und um es durch weniger salziges Wasser zu ersetzen. Man hindert auf diese Weise den Niederschlag des Salzes und der zu schnellen Kesselsteinbildung. Zwar kann diese Entleerung von einem Theile der Niederschläge den sich bildenden Kesselstein nicht fortschaffen, jedoch aber die Menge vermindern. Man darf es daher nicht unterlassen, die Kessel in den regelmäßigen Zwischenräumen zu öffnen und zu reinigen.

Einige Fabrikanten bedienen sich dieses Verfahrens, um die Kessel zu entleeren, während sie noch Dampf enthalten, und suchen auf diese Weise das öftere Reinigen zu vermeiden. Wir werden weiter unten beweisen, daß diese Methode sehr schlecht ist.

Reinigungs-Maschine von Anthony Scott. Das in England mit dem meisten Erfolg angenommene Verfahren scheint aber das von Anthony Scott zu sein; es besteht darin, in das Wasser des Generators ein zinnernes oder hölzernes Gefäß zu hängen, welches oben enger, als unten ist. Alle sich im Kessel bildenden Niederschläge werden durch das Sieden in das Gefäß gebracht, und man schafft sie fort, indem man den Kessel, behufs der Reinigung, öffnet, oder mittelst der Röhre, die wir beschrieben haben, und die man bis auf den Boden des Gefäßes steckt, um durch den Druck des Dampfes alle dort vorhandenen Absätze herauszubringen. Es kann dieser Apparat hauptsächlich auf den Dampfschiffen sehr nützlich sein.

Anwendung der Kartoffeln gegen den Kesselstein. Seit langer Zeit hat man schon die Gewohnheit gehabt, Kartoffeln oder irgend eine andere, Stärkemehl enthaltende Substanz in den Kessel

zu werfen, ehe er in Betrieb gesetzt wird. Kleie, die man zuweilen auch wohl anwendet, hat den großen Nachtheil, Niederschläge zu bilden, die sich calciniren und den Kessel ebenfalls der Gefahr des Verbrennens aussetzen. Bei diesem Verfahren, welches zuerst in England, hauptsächlich in Lancashire, angewendet wurde, verbreitet sich das Stärkemehl in sehr kleinen Theilchen durch die Flüssigkeit, vermengt sich genau mit den erdigen Absätzen, umgibt sie, indem sie niederfallen, verhindert ihr Anhängen und die Bildung des Kesselsteins, und nöthigt sie, in dem siedenden Wasser mechanisch vertheilt zu bleiben, mit welchem sie alsdann bei'm Reinigen des Kessels entfernt werden. In einem Kessel von 15 Pferdekräften, den man alle Monate reinigt, muß man 8 bis 10 Liter Kartoffeln werfen. Man begnügt sich auch damit, die ganzen Kartoffeln in einem aus Gitterwerk bestehenden Kasten in den Kessel zu hängen, welches man besonders dann thut, wenn man zu gleicher Zeit die Reinigungsmaschine anwendet.

Einige Ingenieure haben gefürchtet, daß diese stärkemehlhaltigen Substanzen das Wasser im Kessel klebrig und geneigt machten, durch das Kochen bis zum Cylinder emporzusteigen. Es ist dies aber unserer Ansicht nach ein Irrthum. Zuvörderst enthält das Wasser, welches in einem Generator nach einer fortdauerndern monatlichen Verdampfung zurückbleibt, nicht eine Spur von erdigen oder auflöslichen Salzen, und es hat die Dichtigkeit des destillirten Wassers. Kurz, es wird Alles niedergeschlagen und das Vorhandensein einer großen Menge von Kartoffeln läßt es vollkommen flüssig und rein; das Stärkemehl bildet gewiß eine chemische Verbindung mit dem erdigen und pulverförmigen Rückstand. Ein Theil von diesen Stoffen wird, wie alle Substanzen, welche die Kessel enthalten, unvermeidlich mit den Dämpfen

fortgeführt; jedoch können diese Stoffe wenigstens nicht die Ventile und die Kolben abnutzen, sondern sie können sie nur etwas beschmutzen. Die Anwendung der Kartoffeln muß stets als ein zweckmäßiges Verfahren angesehen werden. Wir müssen noch bemerken, daß sie auf Dampfböten, wegen der Kosten und wegen des Raums, den sie einnehmen, nicht angewendet werden können.

Anwendung von zerstoßenem Glase. Man hat zu demselben Zwecke die Anwendung von zerstoßenem Glase vorgeschlagen. Wirklich wird dadurch die Bildung des Kesselsteins aufgehalten, sowie überhaupt durch alle pulverförmigen Substanzen, welche sich zwischen den Absatz setzen können, ohne sich mit ihm zu vereinigen. Jedoch hat man sehr bald erkannt, daß das Glaspulver sehr schnell in die Vertheilungsbüchsen und in die Cylinder geführt wird, die er abnutzt, ebenso, als wenn man Schmirgel hineinwürfe, und man hat dies Mittel daher um so eher aufgegeben, da sich das Glaspulver bei'm starken Feuern an dem Boden der Siederöhren absetzte und sie in wenigen Tagen verbrannte. Es ist dies eine sehr unangenehme Erfahrung, die viele Fabrikanten gemacht haben.

Graphit und Talg, gallertartige Stoffe. Diese Mittel werden in England angewendet, wo sie die Admiralität für alle Fahrzeuge der königlichen Marine vorgeschrieben hat. In Frankreich hat man sie lange Zeit in den Häfen des mittelländischen Meeres angewendet; allein wir glauben, daß man jetzt im Innern der Kessel nur noch Talg gebraucht.

Unterkohlensaures Natron und Farbhölzer. Herr Kuhlmann hat die Benutzung des unterkohlensauren Natrons vorgeschlagen, welches die in dem Speisewasser enthaltenen Kalksalze als pul-

verförmiges Subcarbonat niederschlägt. Er hat durch Berechnung und Erfahrung die anzuwendenden Verhältnisse bestimmt, die sehr gering sind, und er hat bewiesen, daß dieses Mittel sehr wohlfeil sei. Jedoch haben die Nothwendigkeit, täglich und regelmäßig unterkohlensaures Natron in den Kessel zu bringen, sowie die immer noch bedeutende Ausgabe, die Benutzung verhindert. Auch die Anwendung von Farbehölzern hat gute Resultate geliefert; allein es ist keins von diesen Mitteln allgemein geworden.

Thon. In den letztern Jahren hat man viele Versuche über die Benutzung von Thon gegen die salzigen Niederschläge in den Kesseln gemacht, die im Allgemeinen gute Resultate gegeben haben, so daß viele Fabrikanten und die königliche Marine dieses Mittel angenommen haben. Die unvorsichtige Anwendung dieses Mittels kann eine Veranlassung werden, daß es von dem Dampfe bis in die Vertheilungsröhren, die Ventile und die Cylinder geführt wird; allein in sehr geringem Verhältniß in dem Speisewasser aufgeweicht und durch die Pumpen fortwährend in den Kessel eingeführt und gleichförmig in der ganzen Wassermasse vertheilt, gibt es vortreffliche Resultate. Bei einer Anwendung von 3 Kilogr. in der Stunde fand kein Absatz an dem Boden des Kessels statt.

Nachtheil des Thons. Jedoch hat es immer seine Schwierigkeiten, eine fortwährende Speisung der Kessel herzustellen, ohne welche wir die Anwendung dieses Mittels nicht anrathen, weil man den Thon schon mehrere Tage vorher in Massen in das Wasser bringen muß, welches die Veranlassung ist, daß dieses wirksame Mittel eine so geringe Anwendung gefunden hat.

Regelmäßige Reinigung der Kessel. Wenn man uns nun fragt, welches bei Berücksich-

tigung aller Umstände das beste Verfahren sei, so müssen wir antworten, daß bei Speisewassern, die sehr viel Kalksalze enthalten, man entweder Thon oder Kartoffeln anwenden müsse, jenachdem dies die Oertlichkeit erfordert; während man bei gewöhnlichem Wasser nur die Maßregeln zu treffen nöthig hat, welche wir für die Reinigung angegeben haben, und daß man alsdann die Anwendung der fremdartigen Stoffe gänzlich vermeiden kann, ohne Niederschläge fürchten zu müssen.

Wir wollen annehmen, daß der Betrieb der Kessel monatlich regulirt sei: so feuert man nach Verlauf des Monats den andern Kessel an und läßt den zu reinigenden 7—8 Tage lang erkalten, so daß er erst dann entleert wird, wenn das Wasser, welches er enthält, und der Ofen gänzlich erkaltet sind. Oeffnet man alsdann den Kessel, so findet man den pulverförmigen Absatz in den Sieteröhren vereinigt, ohne daß sich in dem Kessel selbst ein Ansatz von Kesselstein findet, ebenso, als wenn man Kartoffeln oder Thon angewendet hätte. Man wäscht ihn alsdann mit vielem Wasser aus und kratzt ihn mit einer Kratze mit doppeltem Helm rein, dessen beide Zweige in die Sieteröhren hineingezwängt werden und daher gegen ihre Wände federn. Ist die Sieteröhre groß genug, so läßt man ein Kind hineinkriechen und sie durch dasselbe auskratzen. Nach diesem Auskratzen bringt man einen runden Besen von dem Durchmesser der Röhre hinein und mit ihm viel Wasser, worauf die Kessel vollkommen rein sind. Nie darf ein Fabrikant oder ein Fabrikdirector den Kessel verschließen lassen, ohne ihn nicht selbst untersucht zu haben, bei kleinern Kesseln dadurch, daß er die Wände überall beleuchtet, um sich von ihrer Reinheit zu überzeugen, und bei größern, indem er sie selbst befährt.

Der Kessel darf nur kalt entleert werden. Wenn man dagegen den Kessel noch heiß entleert, so ist es klar, daß die Wärme des noch rothglühenden Ofens in wenig Augenblicken die geringe Menge von schlammigem Wasser verdampft und alsdann die Absätze, die als Schlamm an den Kesselwänden befindlich sind, vollkommen trocknet, calcinirt und dadurch so mit den Wänden verbindet, daß sie nur mit Meißel und Hammer losgemacht werden können.

Schnelles Verfahren bei der Entleerung der Kessel. Kann man den Ofen und den Kessel nicht ganz abkühlen lassen, so muß man wenigstens 24 Stunden warten und alsdann das Mannloch öffnen. Man bringt abwechselnd in jede Siederöhre eine kleine Handpumpe, mit welcher man den Kessel bis zum Eintritt in die Siederöhren entleert; darauf füllt man den Kessel mit kaltem Wasser, indem man dahin sieht, das Wasser bis zum Boden der beiden Siederöhren durch eine bis zu derselben reichende Röhre gelangen zu lassen. Darauf pumpt man das Wasser von Neuem aus, und, indem man dieses Verfahren zwei oder drei Mal wiederholt und die Siederöhren mit vielem Wasser in dem Augenblick auswäscht, in welchem man die Ablaßöffnung öffnet, vermeidet man den Kesselstein fast gänzlich. Es ist dieses Verfahren sehr langwierig, jedoch weit weniger, als das Loshauen des Kesselsteins mit dem Meißel und Hammer.

Es gibt jedoch Wasser, welches, aller dieser Vorsichtsmaßregeln ohnerachtet, dennoch Kesselstein gibt. Um ihn fortzuschaffen, läßt man ein Kind in die Siederöhre kriechen, indem man an den einen seiner Füße einen Strick bindet, damit man es herausziehen kann, wenn es das Bewußtsein verlöre. Man gibt jetzt den Siederöhren eine hinlängliche Weite, so daß

ein Kind ohne Mühe hineinkriechen kann, z. B., 0,44 Meter; hätten aber die Sieden röhren eine geringere Weite, als 0,40 Meter, so müßte man den Pfannenstein in denselben mittelst eines Hammers losschlagen, der an einem langen Helm sitzt und den man mittelst einer Schnur in Bewegung setzt. Wir halten uns lange bei dieser Reinigung auf, weil sie im höchsten Grade wichtig ist.

Reinigung des Kessels und der Röhren mittelst Salzsäure. Dieses Verfahren, welches von Herrn d'Arcet herrührt, wie auch seine Anwendung zur Reinigung der Wasserleitungsröhren, ist in vielen Fällen besser, als jedes andere, da es leicht, schnell und sicher ist, und wir wollen es daher möglichst genau beschreiben.

Der Kesselstein besteht aus unauflöslichen und löslichen Salzen, welche das zur Speisung angewendete Wasser enthält, und welche sich sämmtlich niederschlagen. Die häufigsten sind Schwefel- und kohlensaurer Kalk (Gyps und Kreide).

Wenn der Niederschlag gänzlich aus schwefelsaurem Kalke besteht, so ist er sehr hart, nimmt nicht das Krystallisationswasser mit und hängt stark an den Kesseln. Da ihn Salzsäure nicht auflösen kann, so muß man ihn durch mechanische Mittel, mit leichten Hammerschlägen, fortschaffen, wie wir es bei allen Niederschlägen bemerkt haben.

Wenn aber das Wasser nur kohlensauren Kalk enthält, oder wenigstens schwefelsauren, im Gemenge mit kohlensauren, so kann der Niederschlag, welcher häufig nur einen Schlamm auf dem Boden des Kessels bildet und dann durch eine einfache Wäsche weggeschafft werden kann, in allen Fällen durch Salzsäure angegriffen werden, welche den kohlensauren Kalk auflösen und den Zusammenhang des schwefelsauren vermindern wird, so daß man durch Ausfegen

und Auswaschen des Kessels das Ganze fortschaffen kann. War die Menge des schwefelsauren Kalks im Verhältniß zum kohlensauren zu bedeutend, so daß der feste und mit den Kesselwänden verwachsene Niederschlag von der Säure nicht angegriffen und in einen losen Zustand versetzt werden konnte, so muß man alle Mittel im Verein, die Säure und den Hammer, anwenden. Nehmen wir demnach an, daß der Kesselstein durch die Salzsäure angreifbar ist und verfolgen wir das Verfahren. Man muß vorher in einem Glase untersucht haben, ob der Niederschlag, den man mit einem Ueberschusse von Säure bedeckt, von derselben angegriffen werde oder nicht, und man muß es auch, womöglich, untersuchen, wieviel Säure zur Auflösung erforderlich ist. Uebrigens werden zwei oder drei Reinigungen, zu regelmäßigen Zeiten angestellt, und indem man die bei jeder Operation angewendete Säure wägt, leicht zur Leitung dienen. So kann die Reinigung eines Kessels, wenn der Niederschlag kohlensauren Kalk genug enthält, daß die Auflösung den schwefelsauren Kalk als Pulver zurückläßt, ganz einfach darin bestehen, daß man den Kessel den Sonnabend Abend, wenn sein Betrieb eingestellt wird, öffnet, in Portionen und in dem Maße, als das Kochen nachläßt, Salzsäure hineinschüttet, bis daß ein merklicher Ueberschuß derselben vorhanden ist und das Wasser Lackmuspapier röthet, worauf man das Ganze mit einem Stocke stark umrührt. Da der Ofen noch sehr heiß ist, so ist die Einwirkung lebhaft und rasch, der ganze Niederschlag lös't sich auf und verdünnt sich, und am folgenden Morgen braucht man nur, wenn man eine hinreichende Säuremenge angewendet hat, den Kessel leer zu machen, auszufegen und auszuwaschen, worauf er von Neuem in Betrieb gesetzt werden kann.

Kennt man die Menge der unauflöslichen Salze, welche in dem benutzten Speisewasser enthalten sind, so ist es leicht, die zur Auflösung des Niederschlags erforderliche Säure im Voraus zu bestimmen. Ein Versuch wird sogleich die in einem Tage abgedampfte Wassermenge bestimmen, und folglich auch die ganze Menge des in dem Zeitraume zwischen zwei Reinigungen gebildeten Niederschlags, und man kann daraus die Menge der hinzuzufügenden Salzsäure ableiten. Wir haben im Anhange des Werks, in der dritten Anmerkung, die Elemente zu dieser Berechnung mitgetheilt.

Einfluß und Wichtigkeit der Niederschläge. Man kann die häufige Reinigung der Kessel und der Röhren gar nicht genug anempfehlen: der sich darin bildende Kesselstein ist fast stets die Ursache häufiger und kostbarer Zufälle bei denselben, und gewöhnlich reicht diese Vorsicht hin, um sie zu verhindern. Die erdigen Substanzen, welche sich in dem Kessel und in den Röhren anhäufen, machen das Wasser dick, erschweren sein Kochen; man sieht sich demnach genöthigt, ein sehr heftiges Feuer zu geben, wodurch die Röhren rothglühend werden und leicht verbrennen. Der Gang der Maschine wird träge, da der Kessel nicht genug Dampf gibt, und der Einfluß dieser Niederschläge auf die Menge des producirten Dampfes und des verbrauchten Brennmaterials ist so groß, daß in dem ersten, auf eine Reinigung folgenden, Tage der Brennmaterialverbrauch um 8 oder 10 Procent vermindert wird. Außerdem beschmutzt eine zu große Menge von Erde in dem Wasser jeden Augenblick das Sicherheitsventil und wird bis in die Cylinder und auf die Kolben geführt, so daß eine unmittelbare Reinigung ebenso wichtig für die Maschine, als für den Kessel selbst ist; beide werden dadurch verdorben.

Der Kessel einer Maschine von 10 Pferdekräften, der in 24 Stunden 3600 Kilogr. Dampf producirt, wird, wenn er mit zu reinem Wasser, wie das der Seine ist, gespeis't wird, täglich 600 Kil. Niederschlag geben. Nach einem monatlichen Betriebe wird der Niederschlag ohngefähr 16 Kilogr. betragen, und diese Menge ist schon gefährlich. Meistentheils enthält aber das angewendete Speisewasser 10—15 Mal mehr erdige Absätze, als das Seinewasser. Die Menge des in einem Monate gebildeten Niederschlages würde demnach proportional sein.

Aetzende Wasser. Zuweilen muß man ätzende Wasser zur Speisung der Kessel anwenden, welches hauptsächlich bei gewissen Bergwerken der Fall ist. Herr Lechatelier hat gefunden, daß Wasser, obgleich es gar keine Spur von freier Schwefelsäure enthielt, dennoch die eisernen Kessel durch doppelte Zersetzungen, wobei sogar Wasserstoffentwickelung stattfand, zerstörte, und dies ist sehr gefährlich.

Die angegebenen Mittel bestehen in der Anwendung reinen Wassers, welches man sich, selbst mit bedeutenden Kosten, verschaffen muß; die Anwendung indirecter Condensatoren, wie der von Hall, um das Condensationswasser zu sammeln und es dem Generator wieder zuzuführen, und wir fügen bei'm Mangel eines andern Mittels hinzu, die Sättigung der Säure mit kohlensaurem Kalk.

Endlich ist die Anwendung kupferner Generatoren noch das sicherste, leichteste und wohlfeilste Mittel.

Von den sogenannten rauchverzehrenden Oefen.

Ursachen des Rauchs. Wir müssen ein Wort über diese Frage sagen, mit welcher man lange

Zeit hindurch eine so große Wichtigkeit verbunden hat. Wenn man auf einem Rost ein sehr viel Theer und Kohle enthaltendes Brennmaterial verbrennt, so zersetzt sich ein Theil dieser Kohle, im Gemenge mit einer kleinen Quantität von flüchtigem Oel, entwikkelt sich, indem es der Verbrennung entgeht, und veranlaßt einen schwarzen Rauch. Je weniger Luft auf eine gegebene Menge von Brennmaterial strömt, um so weniger vollständig wird die Verbrennung sein, und jemehr Rauch wird sich bilden. Auf der andern Seite wird, unter Beibehaltung derselben Temperatung der Verbrennung, dieselbe um so vollständiger sein und der Rauch um so mehr verbrannt werden, jemehr Luft man auf das Brennmaterial strömen läßt. Zu enge Canäle, wie sie hauptsächlich früher die englischen Maschinenbauer bei den Dampfkesselöfen anwendeten, gaben einen schlechten Zug, lieferten der Verbrennung im Heerde zu wenig Luft und entwickelten folglich einen dicken Rauch.

Dieser Nachtheil ist bald erkannt worden. Auf der einen Seite haben die Fabrikanten eine bedeutende Ersparung an Brennmaterial in der Unterdrückung dieses Rauchs zu finden gesucht, auf der andern Seite haben die Verwaltungen großer Fabrikstädte wegen der Nachtheile, welche die dicken Rauchwolken für diese haben, den Gebrauch rauchverzehrender Apparate angeordnet.

Rauchverzehrender Ofen von Lefroy. Von vielen Versuchen sind die von Herrn Lefroy ohne alle Widerrede die bemerkenswerthesten, da sie die Frage vollständig lösen und nach Belieben jeden Rauch eines Heerdes unterdrücken. Seine Grundsätze sind folgende:

1) Die Steinkohlen unter den für die Verbrennung vortheilhaftesten Umständen zu verbrennen,

und zwar unter einem Ziegelsteingewölbe und ohne Abkühlung.

2) Die Flamme zu nöthigen, daß sie in eine Verengung geht.

3) In dieser Verengung selbst, d. h. an dem Puncte, wo die Temperatur am höchsten ist, eine gewisse Menge äußerer Luft einzubringen, die hinreichend ist, um den Rauch vollständig zu verbrennen; ein Resultat, welches man mit Sicherheit und ganz nach Belieben erlangt.

Die auf diese Weise vollständig verbrannte Flamme muß darauf unter die Apparate strömen, auf welche sie einwirken soll, und hauptsächlich unter die Dampfkessel.

Da die einzuführende Luftmenge mit der einzuschürenden Steinkohlenmenge verschieden sein muß, so wird sie durch ein Register regulirt und dasselbe handhabt der Heizer zweimal bei jedem Einschüren.

Resultate. In der Praxis hat dieses merkwürdige Verfahreu keine guten Resultate gegeben. Die auf diese Weise zu einer sehr hohen Temperatur gebrachte Flamme wird durch die Einführung von Luft noch gesteigert, und es vollendet dieselbe ihre Verbrennung; allein die Flamme wirkt wie die eines Löthrohrs auf die Kessel und verbrennt sie gänzlich. Dann ist auch das Handhaben des Registers viel zu schwierig und kann von einem Heizer gar nicht ausgeführt werden.

Verlust bei den rauchverzehren Apparaten. Als endliches Resultat hat man gefunden, daß die mit dem Rauche verlorengegangene Kohlenmenge im Allgemeinen gering ist; daß man durchaus keine bedeutende Ersparung mit einem rauchverzehrenden Ofen gegen einen guteingerichteten gewöhnlichen Ofen erlangt, sondern daß im Gegentheil eine geringe Vermehrung der Kosten für das Brennmaterial dadurch

veranlaßt wird. Es rührt dies daher, daß zur Erlangung dieser vollständigen Rauchverzehrung man in den Heerd eine zu große Luftmenge führt, die bei ihrem Ausströmen eine Temperatur von 4—500° hat, d. h. mehr Wärme mit wegführt, als die Verbrennung mit dem dichtesten Rauche.

Mittel zur Erreichung des Zwecks. Man hat jetzt diese Apparate ganz aufgegeben. Man begnügt sich damit, unter den Kesseln Canäle anzubringen, welche im Verhältniß zu dem Brennmaterial eine mittlere Luftmenge geben, so daß der Heerd nur in dem Augenblicke Rauch gibt, in welchem von Neuem eingeschürt wird.

Leitung des Feuers. Uebrigens sind viele Mittel zur Erreichung des Zweckes vorgeschlagen worden, die jetzt, wenn man ein Verfahren wirklich practisch finden sollte, von großer Wichtigkeit sein würden, indem man alsdann im Stande wäre, Steinkohlen statt Holz oder Koaks auf den Eisenbahnen anzuwenden. In England beschäftigt man sich sehr lebhaft mit diesem Gegenstande, jedoch hat man noch immer keine wesentlichen Resultate erlangt.

Heerde mit ununterbrochener Speisung.

Heerde mit drehendem Roste. Diese Heerde sind auch in der Absicht construirt, um eine Rauchverzehrung zu erlangen, sowie auch, um die Nothwendigkeit zu vermeiden, die Thüre öffnen zu müssen, sobald frisches Brennmaterial eingeschürt wird. Es tritt dadurch zuviel Luft in den Heerd und kühlt den Kessel so sehr ab, daß, wie ich es selbst beobachtete in der großen Saline zu Briscous, deren Pfannen mit Holz gefeuert werden, das Oeffnen der Feuerthür das Kochen auf dieser Seite der Pfanne fast gänzlich aufhielt. Um die Heerde un-

unterbrochen, regelmäßig und ohne die Thüren zu öffnen, speisen zu können, wendet man zwei Mittel an.

Das eine bestand darin, daß man kreisrunde Roste vorrichtete, die an einer senkrechten Axe befestigt waren und durch Räderwerk bewegt wurden; über diesen Rosten befand sich ein Vertheilungsapparat, bestehend aus einem Trichter und aus zwei cannelirten Walzen, welche den Zweck hatten, die Steinkohlen zu zerquetschen und sie ununterbrochen und regelmäßig auf den Rost zu werfen. Statt der sich drehenden Roste, die einer großen Triebkraft bedurften, leicht in Unordnung geriethen, sich durch die Reibung der Asche leicht abnutzten und viel zu unterhalten kosteten, wendete man festliegende Roste an, auf welche eine Mühle mit vier Flügeln die Steinkohlen wirft und ausbreitet; über diesem Rost ist ein Trichter befindlich, der am Boden eine gußeiserne Nuß hat und den man stets gefüllt erhält.

Resultate. Man hat durch dieses Mittel eine große Regelmäßigkeit der Verbrennung erreicht, und man behauptet auch, eine Ersparung von 12 bis 15 Procent von dem Brennmaterial erlangt zu haben. Dennoch hat man diese Apparate fast überall aufgegeben, sie erfordern eine ziemlich bedeutende Kraft, häufige Reparaturen, und gestatten nicht, das Schüren nach dem häufig veränderlichen Gange der Maschinen einzurichten. Die Menge der Steinkohlen, welche die cannelirten Walzen geben, wird durch Näherung oder Entfernung der beiden Walzen von einander regulirt, so daß es bei diesen Veränderungen häufig vorkommt, daß sich der Rost verstopft, und daß sich der Heerd ganz mit Steinkohlen füllt, wenn der Ofen weniger verbrennt, als er zugeführt erhält, und daß im Gegentheile der Rost ganz entblößt wird, wenn der Ofen mehr verbrennt, als ihm

der Apparat zuführt. Mit einem Wort, es ist ein schwerfälliger, schwierig zu regulirender und zu leitender Apparat, der, unserer Meinung nach, mehr Nachtheile, als Vortheile gewährt; in England wird er jedoch noch häufig angewendet. Die Figg. 15, 16, 17, Taf. **VII**, geben eine Abbildung von diesem Apparate.

Mängel der Verfahrungsarten dieser Art. Viele Verfahrungsarten, die von geschickten Maschinenbauern erfunden, sinnreich combinirt und mit vollem Erfolg ausgeführt worden sind, die aber in der Benutzung Schwierigkeiten zeigen, haben dieselben Nachtheile. Nun kann aber diese Mangelhaftigkeit neuer Verfahrungsarten, welche die Fabrikanten sehr bedeutend betrifft, ebenfalls das höchste Interesse für die Maschinenbauer haben, von denen sie herrührt, weil dieselben diese Apparate nach ihrer Aufstellung mit der größten Sorgfalt und mit einer speciellen Beaufsichtigung versuchen, so daß ein guter Erfolg nicht fehlt. Sobald aber die Apparate weniger geschickten und mit geringer Sorgfalt verfahren, oder wenigstens anderweitig zu sehr beschäftigten Arbeitern anvertraut werden, so zeigen sie so bedeutende und ununterbrochene Schwierigkeiten, erfordernden so häufige Reparaturen, daß man häufig ganz darauf Verzicht leistet. Mit einem Wort, die erste Bedingung des Erfolgs aller Verfahrungsarten, aller Maschinen, Apparate und Werkzeuge, die in den Künsten und Gewerben angewendet werden, die folglich den Händen von Arbeitern überlassen werden müssen, besteht in einer großen Einfachheit, sowie in einer steten und regelmäßigen Anwendung; und wenn sie in geschickten Händen die wichtigsten Resultate geben, aber ihre Leitung veränderlich und schwierig ist, so passen sie nicht für das Fabrikwesen. Dasselbe muß von den Essenregistern bemerkt werden,

welche der Maschinenregulator bewegt; sie haben nur einen geringen Nutzen, weil man ein ähnliches Resultat erreicht, wenn der Heizer mit Sorgfalt verfährt, dessen Gegenwart in der Nähe der Maschine stets erforderlich ist, und dessen unaufhörliche Beaufsichtigung stets erregt und überwacht werden muß. Wir kommen auf diesen Gegenstand zurück, wenn wir von den Mitteln reden, die Speisung der Kessel, die Production des Dampfes und auch die Leitung des Feuers zu reguliren.

Von den Dampfschiffen.

Wir haben das, was wir über die Kessel der Dampfschiffe zu sagen haben, in einem einzigen Paragraphen vereinigt. Man wird diesen wichtigen Gegenstand besser verstehen, wenn man darauf die weiter oben über die Kessel- und Ofenconstruction auseinandergesetzten Grundsätze anwendet.

Systeme der Generatoren. Die auf den Dampfböten angewendeten Generatoren sind Hoch- und Niederdruckkessel, fast immer aus Eisenblech, zuweilen aber auch aus Kupferblech angefertigt. Die erstern, auf allen americanischen Dampfschiffen in Anwendung, sowie auch auf manchen französischen und deutschen, sind cylindrisch und mit einem innern Heerde, oder mit Sieteröhren, und in diesem Falle mit Heerden und Canälen von Ziegelsteinen (Tafel III, Fig. 1—4). Die Niederdruckkessel, welche auf allen englischen und auf den meisten französischen und deutschen Dampfschiffen angewendet werden, sind quadratisch, mit innerem Heerd und Canälen (Taf. IX, Fig. 1, 2, 3). Wir haben bemerkt, daß alle Einrichtungen von Heizapparaten, bei denen der Heerd von Wasser umgeben ist, das glühende Brennmaterial abkühlen, die Verbrennung hindern, und daß

man sie vermeiden müsse, sobald die absolute Nothwendigkeit sie nicht erfordere. Jedoch ist es auf Dampfschiffen, deren Maschinen so mächtig sind, daß sie in jedem Heerde bis 150 Kilogr. Steinkohle in der Stunde verbrennen, und die, da sie mit niederem Druck arbeiten, keiner so hohen Verbrennungstemperatur bedürfen, dieser Nachtheil weit weniger bemerkbar, und man hebt ihn zum Theil, indem man die Roste so berechnet, daß man eine ebenso intensive Verbrennung hat, als bei den Oefen der Hochdruckdampfmaschinen.

Hochdruckkessel. Die Kessel der Dampfschiffe, welche mit mittlerm oder mit hohem Druck betrieben werden, sind cylindrisch und aus Blech angefertigt, damit sie möglichst leicht sind; oft haben sie Sieteröhren, die dem Kessel sehr nahe liegen, um die Höhe zu vermeiden. Dahin gehören die Kessel des Herrn Cavé in Paris. Diese Röhren sind mit dem Körper des Kessels durch Schrauben und durch Verkittung verbunden, und sie lassen sich sehr leicht abnehmen. Eine eigenthümliche Art von Hochdruckkesseln, welche von Fairbairn in London ausgeführt worden, ist in den Figg. 1 bis 4 Taf. III, abgebildet, sie haben sehr viele Sieteröhren und sind kofferartig.

Generatoren mit äußerem Heerd und mit Oefen. Der Ofen besteht aus Ziegelsteinen, allein das Mauerwerk darf nur sehr dünn sein, und man muß zur Zusammenhaltung der Wärme künstliche Mittel anwenden, von denen die besten leere Räume sind, die, außer ihrer großen Zweckmäßigkeit, auch noch den Vortheil gewähren, die Belastung des Bootes zu erleichtern. Man muß dahin sehen, dem Rauche nur wenig Circulation zu geben; denn bei einem Dampfboote, welches 3 oder 4 Kessel hat, und bei welchem sowohl Gewicht als Raum geschont wer-

den müssen, ist der für die Canäle bleibende Raum so beschränkt, daß, wenn man viele derselben anbringen wollte, man sie offenbar sehr eng machen müßte, wodurch folglich der Zug, die verbrauchte Brennmaterialienmenge und die Geschwindigkeit der Maschine sehr vermindert werden.

Die Construction der Oefen dieser Art erfolgt nach denselben Grundsätzen, wie die der weiter oben erwähnten, mit dem einzigen Unterschiede, daß man den Wänden nur eine geringe Stärke geben darf.

Poröse Ziegelsteine. Man hat zu Metz, sowie auch zu Berlin und am letzteren Ort aus Infusorienerde poröse Ziegelsteine angefertigt, die bei derselben Feuerfestigkeit und Widerstandsfähigkeit, bei gleichem Volum, zweimal leichter sind, als die gewöhnlichen Ziegelsteine. Diese können, wegen ihrer Porosität, der Abkühlung des Ofens besser widerstehen, als die übrigen, und sind demnach bei'm Bau der Apparate dieser Art sehr zweckmäßig.

Wir wollen hier die Verhältnisse und Dimensionen eines Kessels und eines Ofens mittheilen, sowie sie Herr Cavé für seine Dampfböte angenommen hat, und wir haben dabei alle Bedingungen eines guten Zuges und eines haushälterischen Betriebes gesichert. Die Maschinenbauer können diesen Verhältnissen vollkommenes Vertrauen schenken.

Wir nehmen an, daß dieser Kessel eine Kraft von 25 Pferden habe, eine Heizoberfläche von 37 bis 40 Quadratmeter, und daß er 4,50 Kilogr. auf die Pferdekraft, d. h. 160 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde verbrenne. Der Rost würde 1,50 Quadratmeter Oberfläche und die Canäle 0,50 Quadratmeter Querschnitt erhalten. Um weniger Platz zu gebrauchen, muß man diesen Rauch in einem einzigen Canal unter den Kessel führen und ihn nur ein einziges Mal, seiner Länge nach, unter dem Kessel

hindurchgehen lassen, indem man die Esse an dem Vordertheil des Ofens anbringt. Diese Esse, welche drei Kessel bedienen muß, würde, wenn sie aus Ziegelsteinen bestände, einen Querschnitt von 1,50 Quadratmeter erhalten müssen; da sie aber aus Blech besteht, so ist es, wie wir schon bemerkt haben, hinreichend, diesen Querschnitt 1 bis 1,10 Quadratmeter gleich zu machen, d. h., ihr 1,20 Meter Durchmesser zu geben.

Generatoren mit innerm Heerd. Andere Hochdruck-Kessel haben ihren Heerd und ihre Circulationskanäle im Innern. Da diese Einrichtung des Kessels mit innern Kanälen auch zuweilen bei feststehenden Maschinen angewendet wird, so wird man weiter oben die Art und Weise der Berechnung ihrer Verhältnisse angegeben finden. Zur Erreichung guter Resultate müßten die innern, aus Blech bestehenden Kanäle eines Kessels dieser Art, von ähnlicher Kraft wie die ist, von der wir geredet haben, 0,36 Quadratmeter Querschnitt haben, und wir würden die Rostoberfläche auf 1,20 Quadratmeter vermindern, um die Intensität der Verbrennung zu erhöhen, nnd um dem Heerde, welcher unaufhörlich von dem umgebenden Wasser abgekühlt wird, seine ganze Verdampfungskraft wiederzugeben.

Wir theilen hier noch (Taf. **III**, Fig. 1—4) die Beschreibung eines Hochdruckdampfkessels mit innerem Heerde mit, der eine Kraft von 25 Pferden hat, und, wie schon bememerkt, von Fairbairn in London ausgeführt ist. (Nach dem Werk von Nottebohm).

Der Kessel umschließt zunächst der Vorderfronte vier nebeneinander liegende Heizkammern **A** von $3\frac{3}{4}$ rheinländ. Fuß Höhe, und $2\frac{1}{2}$ Fuß Breite, worin die Roste **a** schräg gelagert sind. Jede derselben enthält in einer Entfernung von 10—12 Zoll oberhalb des Rostes 56 Stück, $4\frac{1}{4}$ Fuß lange und $1\frac{5}{4}$

Zoll weite, kupferne Röhren **b**, in 7 Reihen übereinander, welche von der Vorderwand der Heizkammer mit einem Gefälle von $8\frac{3}{4}$ Zoll bis zur Hinterwand derselben führen und damit verbunden sind.

Die Flamme von dem auf dem Roste gelagerten Brennmaterial, umspielt zunächst diese Siederöhren und bewirkt eine stete Circulation des die Feuerkammern und Züge umgebenden Wassers, berührt dann bei **C**, oberhalb der Röhren **b** die Decke der Kammern, tritt über die Feuerbrücke **D** in die Züge **E** und von da in den gemeinschaftlichen Schornstein **F**. Für je zwei Roste sind, wie die Zeichnungen näher angeben, auch zwei miteinander parallele und durch eine $5\frac{1}{4}$ Zoll starke Wasserschicht getrennte Züge angeordnet. Die durch aufgeschraubte Platten **g** verschlossenen Oeffnungen in der Fronte des Kessels (Fig. 1, 2 u. 4) dienen dazu, um schadhafte Siederöhren auszuwechseln. Die durch Platten **h** verschlossene Oeffnungen hinter der Feuerbrücke haben denselben Zweck; da aber diese in den Zügen **E** selbst liegen, so sind, um hinzu gelangen zu können, in der Decke die Mannlöcher p angebracht und in Fig. 2 durch punctirte Linien angedeutet.

Die aus dem Wasser entwickelten Dämpfe von 20 Pfund Spannung pro Quadratzoll sammeln sich in dem obern Theil des Kessels und in einem darauf befestigten besondern Dampfbehälter **G**, worin die Hauptdampfröhren, welche bei **k** (Fig. 1) in den Kessel eingeführt werden, aufsteigen und nahe der Decke münden, damit durch den einströmenden Dampf nicht zuviel Wasser mit fortgerissen wird.

Die Oberfläche der 4 Roste enthält $37\frac{1}{2}$ Quadratfuß, mithin kommen auf jede Pferdekraft 0,75 Quadratfuß. Der Querschnitt des hintern Zuges enthält 3,41 Quadratfuß, also nahe $\frac{1}{5,5}$ der dazu gehöri-

gen zwei Rostflächen. Der Querschnitt des Zuges oberhalb der Feuerbrücke beträgt circa $\frac{1}{6,4}$ der Rostfläche. Der Querschnitt des Schornsteins enthält 3,14 Quadratfuß.

Niederdruck-Kessel für die Dampfschiffe. Es ist nicht unser Zweck, diese wohlbekannten Kessel beschreiben zu wollen, und wir geben davon eine Abbildung, welche die wesentlichsten Einrichtungen in Beziehung auf die Heizung zeigt (Taf. IX, Fig. 1, 2, 3). Wir wollen hierbei nur die vorhergehenden Grundsätze anwenden und ihre Construction darauf zurückführen. Dieser Kessel ist der des Rollon in Havre, erbaut von dem englischen Maschinenfabricanten Maudslay, dessen Geschicklichkeit und Erfahrung gleich geschätzt sind. Wir vergleichen ihn mit dem des Madagascar, eines von den Herren J. u. A. Blyth zu London erbauten englischen Dampfschiffes. Die Kraft von beiden beläuft sich auf 120 Pferde.

Die Kessel sind wegen des leichtern Transports auf das Schiff, und wegen der leichtern Aufstellung, so wie auch um gegen jeden möglichen Zufall gedeckt zu sein, in zwei Hälften getheilt, **a b**, jede von 60 Pferdekräften; jeder von diesen halben Kesseln ist ein blecherner Kasten, in welchem zwei Heerde **c d** und **c' d'**, die sich nach vorn und nach unten öffnen, vorgerichtet sind. Hinter diesen Heerden sind Feuerbrücken von Ziegelsteinen **e**, **e'**, und hinter den Brücken beginnt ein quadratischer Kanal **F** und **F'**, der sehr hoch und beiden gemeinschaftlich ist. Er geht durch den Kessel und ist stets mit Wasser umgeben, indem er überall denselben rechteckigen Durchschnitt beibehält, und er führt endlich den Rauch in eine blecherne Esse **g**, die beiden halben Kesseln gemeinschaftlich ist. Es sind sehr viele Versuche gemacht worden. Man

hat recht viele Versuche gemacht, um die Gestalt der Heerde zu verändern, und um die sehr schnelle Zerstörung der senkrechten Wände zu verhindern, die wahrscheinlich von der Ursache herrührt, die wir schon angegeben haben, von der zu häufigen Production und von dem aufwärtsgehenden Dampfstrom, der das Wasser von diesen Wänden entfernt hält.

Die kupfernen Kessel scheinen weit weniger an diesen Fehlern zu leiden. Jedoch scheint es, daß gut angefertigte blecherne Kessel die transatlantischen Meeres-Fahrten ohne alle Nachtheile ertragen, sei es nun, daß man sie mit dem S. Hall'schen Prozeß, d. h. indem man stets einen Theil des Salzwassers in dem Kessel, durch besondere Pumpen erneuert, wie wir schon bemerkt haben, speis't; oder indem man nur ein intermittirendes Herauswerfen des Salzwassers, durch bis zum Boden reichende Röhren bewirkt, wie es auf dem **Royal-William** der Fall ist.

Die Dimensionen des Madagascar sind den unsrigen gleich. Wenn man die folgende Tabelle untersucht, so sieht man sogleich, daß die von dem Herrn Blyth dem Madagascar gegebenen metallischen Canäle genau dieselben sind, als die von uns angenommenen. Die Esse ist nur etwas enger, und die Erbauer haben die ganze Wichtigkeit weiter Durchgänge für den Rauch begriffen. Die Dimensionen des Rollon sind geringer, aber noch gut; der Madagascar ist in dieser Beziehung stärker.

Er ist es auch in dem mindestens eben so wichtigen Verhältniß der directen Heizoberfläche zu der indirecten. Bei dem Rollon erhalten nur 14 Quadratmeter, oder $\frac{1}{6}$ von der ganzen Oberfläche die unmittelbare Einwirkung des brennenden Heerdes; bei dem Madagascar wird $\frac{1}{3}$ der Oberfläche auf diese Weise erheizt, und muß nothwendig mehr Dampf

n einer gegeben Zeit produciren, als der Generator des Rollon. Man bemerkt, daß, wenn man auf diese Weise der directen Einwirkung des Feuers ein größeres Verhältniß der Heizoberfläche aussetzt, selbst das größtmögliche Verhältniß, man eine raschere Heizung, eine weit größere Production erlangt, ohne die ganze Heizoberfläche, folglich das Gewicht des Kessels zu vermehren, eine so wichtige Bedingung für ein Dampfschiff.

Vergleichende Dimensionen der Kessel der Dampfschiffe Rollon, Madagascar und Heva.

	Rollon	Madagascar	Heva
Leistung in Pferdekräften	120	120	100
Steinkohlen auf die Pferdekraft und in der Stunde 5,25 Kilogr.	650	630	450
Dampf, 5 Kilogr. auf die Kilogr. Steinkohle . .	3130	3130	2300[1])
Anzahl der Heerde	4	6	2
Oberfläche eines Rostes	1,70 M. } 1,60 Q. M. 0,93 M. }	2,15 } 1,36 Q. M. 0,65 }	4 Q. M.
Ganze Rostoberfläche	6,40 Q. M.	8,16	8
Essen-Querschnitt	0,88	0,95 Q. M.	0,60 Q. M.
Querschnitt über die Brücke für einen Heerd . .	0,40	0,22	—
Summa der Querschnitte über der Brücke . . .	1,60	1,32	—
Querschnitt der Kanäle	1,05	1,26	0,80 Q. M.
Oberfläche der direct gefeuerten Siederöhren . .	—	—	43 Q. M.
Heizoberfläche durch den Heerd bis zu dem Eingang in die Kanäle	14	30	—

Indirect erhitzte Kesseloberfläche	—	—	38
Oberfläche des obern Theils der Kanäle . . .	10	11	—
Oberfläche, untere	10	11	—
„ der Seiten der Kanäle	66	58	—
Ganze Heizoberfläche	100	110	83
Verhältniß des Rostes zur Esse	7,	8,66	13
„ der Kanäle und der Esse	1,20	1,20	1,33
„ der directen Heerdoberfläche	—	—	0,60
„ zur ganzen Oberfläche	0,15	0,30	—
Dampf auf das Quadratmeter Heizoberfläche . .	31 Kil.	29 Kil.	29 Kil.
Steinkohlen, die auf das Quadratdecimeter der Esse verbrannt sind	7,20	6,60	7
„ auf das Quadratdecimeter der Kanäle . .	6,0	5	6
Pferdekräfte auf den Heerd	30	20	50)
Quadratmeter Heizoberfläche auf die Pferdekraft .	0,83 Q.M.	0,91	0,83
Brennmaterial auf das Quadratmeter Heizoberfläche	6,30	5,75	5,42
„ „ „ „ Rostoberfläche	1 Kil.	0,76 Kil.	0,56 Kil.

---

[1]) Wenn man den gegebenen Nutzeffect mit 3,150 Kil. Dampf in 1 Stunde berechnet und eine Expansion nur in dem Verhältniß zu 1,59 und mit einem Nutzeffect von 50 Procent anwendet, so findet man den für die Leistung dieser Maschinen zu 200 Pferden.

Untersuchungen des Hrn. Campaignac. Seitem wir die vorstehende Tabelle für die zweite Ausgabe dieses Werks von 1840 aufgestellt, haben die Dampfschiff-Kessel sehr wenig Vervollkommnungen und selbst Veränderungen erlitten. Herr Campaignac theilt in seinem Werke über die Dampfschifffahrt Dimensionen von 11 Kesseln mit, welche aus den besten englischen und französischen Maschinenbauwerkstätten hervorgegangen sind. Wir sehen dort, daß die mittlere Heizoberfläche nur 1,08 Quadratmeter auf die Pferdekraft beträgt, eine Oberfläche, welche übrigens dem Brennmaterialverbrauch des Systems nicht proportional ist. — Die directe Oberfläche beträgt nur 0,20 von der ganzen Heizoberfläche, und der Steinkohlenverbrauch scheint zu seyn:

Für Maschinen	von	50	Pferdekräften	5,00	Kil.
"	"	220	"	3,60	"
"	"	320	"	3,25	"
"	"	450	"	2,80	"

Das Verhältniß der Rostoberfläche zu dem Steinkohlenverbrauch ist sehr groß. Es beträgt im Durchschnitt 6 Quadratdecimeter auf die Pferdekraft, oder für einen mittlern Verbrauch von 3,50 Kilogramm. Es ist das Cornwalliser System mit großen Rosten. Auf dem Paketboot Eurotas, welches erst ganz neuerlich erbaut worden ist, beträgt die Rostoberfläche 0,046 Meter auf die Pferdekraft, um etwa 3,90 Kil. in der Stunde zu verbrennen. Es nähert sich dieß

Um die Kraft bis auf 120 Pferde zu vermindern, muß man annehmen, daß die Expansion erst bei $\frac{3}{5}$ des Kolbenlaufs beginnt.

Es ist gewiß, daß die Kessel nicht mehr als 5 Kil. Dampf auf 1 Kil. Brennmaterial geben.

[2]) Das große englische Dampfschiff, der Great-Western, von 1600 Tonnen und 450 Pferdekräften hat 4 Kessel mit 12 Heerden, die zusammen 180,000 Kil. wiegen.

im Gegentheil gänzlich unsern Verhältnissen, und es scheint dieses Dampfschiff eins von denen zu sein, bei welchen die besten Bedingungen der Maschineund des Betriebes sich realisirt finden.

Rosten. Die Oberfläche des geneigten Rostes von dem Madagascar ist verhältnißmäßig etwas größer, als die h und h' des Rollon. Der Maschinenbauer wurde veranlaßt, die Heizoberfläche seiner Heerde zu vermehren; es ist dieß jedoch, unseres Erachtens nach, ein Fehler. Die Rosten des Rollon scheinen zur Verbrennung der Steinkohle, bei dem siebenfachen Durchschnitt der blechernen Esse, welches dem $4\frac{1}{2}$ u. 5fachen einer Ziegelsteinesse gleich ist, sehr gute Verhältnisse zu haben, und es ist leicht, die unmittelbare Heizoberfläche des Madagascar beizubehalten, in dem man die Rosten um $\frac{1}{4}$ kleiner macht; es würde alsdann die Feuerung besser sein. Die Rosten des Meteors haben nur den sechsfachen Essendurchschnitt, ein Verhältniß, welches für uns sehr zweckmäßig zu sein scheint. Man findet zu gleicher Zeit eine Brennmaterialersparung und eine geringere Zerstörung der Heerdewände, wenn man den hintern Theil dieser Rosten emporhebt. Die erste Wirkung rührt daher, daß die Entfernung zwischen dem glühenden Brennmaterial und der horizontalen Heizoberfläche zu groß ist; die zweite ohne Zweifel daher, daß die Dampfproduction, durch die senkrechten Wände und den aufwärtsgehenden Strom, minder stark sind, welches dem Wasser des Kessels gestattet, sich leichter auf diesen Wänden zu erneuern.

Dampf auf das Quadratmeter. Man wird bemerken, daß die Menge des auf das Quadratmeter producirten Dampfes, fast die von uns für gute Kessel gefunden ist, bei denen die Grenze des Gewichts und des Raums, keine Oberflächen-Verschwendung gestattet, d. h. im Durchschnitt 30 Kil.

auf das Quadratmeter; da aber die ganze untere Oberfläche nicht mitgerechnet werden kann, so denken wir, daß eine Vermehrung dieser Heizoberfläche vortheilhaft sein wird, und außer einem geschwindern Gang, eine bessere Benutzung des Brennmaterials geben müßte; die Kessel des Madagascar gehören mit Recht zu den besten, die man auf Dampfschiffen finden kann.

Kessel der Heva, von Herrn Cavé. Wenden wir diese Elemente auf den von Hrn. Cavé angefertigten Kessel der Heva an, so werden wir finden, daß die Roste viel zu groß für die Dimensionen der Kessel, und daß diese zu schwach sind, obgleich sie fast dieselben Verhältnisse als die haben, von denen wir redeten. Die directe Heizoberfläche ist sehr bedeutend, ein Vorzug, den die Einrichtung äußerer Heerde gewährt. Der größte Fehler dieses Apparats aber ist die zu geringe Dimension der Esse, und noch mehr die der Kanäle, die, da sie aus Ziegelsteinen bestehen, verhältnißmäßig $\frac{1}{3}$ größer sein müßten, als die aus Blech bestehenden der englischen Dampfschiffe, während sie im Gegentheil genöthigt sind, wenigstens eben so viel Brennmaterial für denselben Querschnitt zu verbrennen. Die auf das Quadratdecimeter verbrannte Menge, müßte 3 bis 5 Kilogramm Steinkohle nicht übersteigen. Wirklich litt der Betrieb der Kessel und der Maschine zu der Zeit, als wir das Schiff besuchten, darunter.

Alle diese kurzen Bemerkungen sind für den Maschinenbauer von Nutzen; sie zeigen ihnen die Linie, in welcher sie eine Zunahme der Geschwindigkeit für ihre Maschinen finden werden; denn da, wo die Geschwindigkeit der Maschine durch die Dimension der Dampfapparate stark begrenzt ist, ist es die größte Dampfproduction, bei gleichen Dimensionen der Apparate, welche gestatten wird, den Schiffen die größte Geschwindigkeit zu geben.

Nothwendigkeit, das Wasser über den innern Heerden zu erhalten. Eine sehr wichtige Bedingung bei der Einrichtung dieser Apparate, die einen innern Heerd haben, wie es bei *allen* denen dieser Art ist, besteht darin, den Wasserstand stets über allen erhitzten Theilen zu erhalten, und durch nichts den Zutritt und die Circulation des Wassers um alle diese Theile, zu hindern, damit sie nie trocken bleiben und rothglühend werden können, woraus Explosionen, oder wenigstens Zerreißungen und langwierige Reparaturen erfolgen könnten. Auch nimmt man vielfache Sicherheitsmaaßregeln, um sich zu überzeugen, daß der Wasserstand nur innerhalb kleiner Grenzen sich verändern könne, indem man einen Schwimmer, wie gläserne Visirröhren und drei Probirhähne anbringt. (Taf. VI, Fig. 2).

Nutzen der Scheider bei den Dampfschiffen. Die Einrichtung der Heerde im Innern und der hohen senkrechten Scheider in den Kanälen, hat auch den Zweck die Schwankungen des Wassers bei den Bewegungen des Stampfens und des Schlingerns des Schiffes auf dem Meere aufzuhalten, und es zu verhindern, daß ein Theil der Heerdoberfläche einige Augenblicke hindurch trocken bleibt und zu stark erhitzt wird, welches dieselben Gefahren nach sich ziehen würde.

Steinkohlenverbrauch. Ueber den Steinkohlenverbrauch der Dampfschiffe findet man wenig sichere Angaben, und wir haben weiter oben, diejenige mitgetheilt, welche wir aus dem Werke des Hrn. Compaignac entlehnt haben, wonach dieser Verbrauch von 5 zu 3 Kilogramm auf die Pferdekraft variirt.

Watt's Versuche. Aus denen in der Maschinenfabrik von Watt und Boulton gemachten Versuchen folgt, daß der Steinkohlenverbrauch auf

die Pferdekraft auf Dampfschiffen und bei Niederdruckmaschinen etwa 5,20 Kilogramm beträgt. Es ist fast derselbe Verbrauch wie der auf dem Lande befindlichen Maschinen; es muß alsdann die Production mit Salzwasser etwa 5 Kilogramm auf 1 Kilogramm Steinkohlen betragen.

Verbrauch des Dampfschiffes Genfer-See. Auf dem Leman oder Genfer-See, einem Schweizer Dampfboot, welches in England erbaut worden ist, werden der Angabe nach 5 Kilogramm Fichtenholz verbraucht. Auf dem Winkelried verbraucht man bis 9 Kilogramm, und es ist fast zu vermuthen, daß die Angabe für das erstere Dampfboot zu gering ist.

Verbrauch der Hochdruckmaschinen. Der Brennmaterialienverbrauch der Hochdruckmaschinen muß wenigstens 20 Procent geringer sein, als der der Niederdruckmaschinen. Er beträgt 4,5 Kilogr. bei den Maschinen ohne Condensation von Cavé, welche die Dampfschiffe Heva, Vesuv und Neptun betreiben.

Maschinen mit zwei Cylindern. Der Verbrauch der Maschinen mit zwei Cylindern beträgt nach den neuern sichern Angaben höchstens 3 Kilogramm auf die Pferdekraft und ihr Betrieb ist vollkommen regelmäßig. Warum wendet man nicht ähnliche Apparate an und veranlaßt dadurch eine Ersparung von 40 Procent an den Kosten, welche die Magazinirung und Verproviantirung der Dampfböte mit Steinkohlen veranlaßt?

Der geringe Preis der Steinkohlen in England, die größere Einfachheit der Maschinen, und die Vortheile bei der Construction der Niederdruckkessel gegen die Hochdruck-Generatoren, am Bord der Dampfschiffe, ist die Veranlassung gewesen, daß man die erstern vorzugsweise in ganz England angenommen

hat. Es sind dieß jedoch Vortheile, die man mit bedeutender Ersparung auch bei dem mittlern Druck wieder finden kann. Man hat bereits, wie wir schon bemerkt haben, und weiter unten noch näher sehen werden, auf den Dampfböten Hochdruckmaschinen mit schwingenden Cylindern, mit Expansion und Condensation, angewendet.

Nothwendigkeit, die Kessel bei der Ankunft der Dampfböte zu reinigen. Die Kessel der auf dem Meere fahrenden Dampfschiffe, welche salziges Wasser verbrauchen, leiden sehr. Es ist daher höchst nothwendig, sie zu entleeren und zu reinigen, sobald sie in dem Hafen angelangt sind.

Die Einwirkung des Meerwassers, der Luft und der Wärme, zerstören die Aschenkasten sehr bald.

Von den Locomotiven.

Ihre ersten Bedingungen: Leichtigkeit und kleines Volum. Mehr noch als bei den Dampfschiffen, sind die Hauptbedingungen der auf den Eisenbahnen angewendeten Kessel und Maschinen' Leichtigkeit und Verminderung des eingenommenen Raumes. Es werden dort die Transportkosten weit mehr erhöht, und welche Breite man auch der Spur der Eisenbahnen geben wollte, so wird diese schwierige und kostbare Vergrößerung stets zur unmittelbaren Erhöhung der Triebkraft benutzt werden, indem dieselben Bedingungen für das Gewicht und das Volum bleiben. Das Volum der Kessel und des darin enthaltenen Wassers mußten bedeutend vermindert und die Heizoberfläche mußte so eingerichtet werden, daß sie die ganze unmittelbare Einwirkung des Feuers erhielt, welches bei gleichen Oberflächen, einen weit größern Nutzeffect giebt.

Röhrenkessel. Man hat daher die Producte der Verbrennung gebrochen, um sie zu nöthigen, in

dünnen Schichten durch das Wasser zu gehen, damit sie die Wärme, welche sie enthielten, schneller und vollständiger abgaben. Diese Resultate sind mit dem größten Erfolge mittelst der Röhrenkessel erlangt, die bei allen Locomotiven angenommen worden sind (Taf. IX, Fig. 4 u. 5). Die Flamme eines Heerdes a, erhitzt unmittelbar einen kupfernen Kasten b, der von dem Wasser des Kessels c umgeben ist, und darauf geht sie unmittelbar in Reihen von 80,100 und 200 Röhren dd von einem sehr kleinen Durchmesser, die von dem Wasser umgeben sind, über, um sich in die Esse e zu begeben.

Nothwendige Anwendung von Koaks. Aus diesen Einrichtungen und wegen der Anwendungen kleiner Röhren folgt zuvörderst die Nothwendigkeit, in dem Heizkasten Koaks statt Steinkohlen zu verbrennen, indem dieselben wegen ihren Rauchs die Röhren zu bald verstopfen würden. Man hat sehr viele Versuche gemacht, um in den Locomotiven Steinkohlen zu verbrennen, wodurch eine große Ersparung erlangt werden würde, allein diese Versuche sind bis jetzt ohne Erfolg geblieben.

Nothwendigkeit eines künstlichen Zuges. Man muß ferner durch künstliche Mittel die Verminderung des Zuges bekämpfen, welche durch die beträchtliche Reibung der Gase in diesen engen Röhren veranlaßt wird; denn wir haben gesagt, daß man mit einem schlechten Zuge das Brennmaterial nie vortheilhaft benutzen könne, und die Anwendung von Koaks erfordert noch weit mehr einen starken Zug.

Durch den Ventilator hervorgebrachter Zug. Die Hrn. Braithwaite und Ericson haben zur Hervorbringung des Zuges bei ihrem Kessel den Ventilator angebracht und aus der folgenden Tabelle wird man sehen, welche vortheilhaften Resultate sie erlangt haben.

Durch einen Dampfstrom hervorgebrachter Zug. Stephenson hat zur Erlangung eines künstlichen Zuges den unbenutzt aus der Maschine entweichenden Dampf angewendet, den er durch eine verengte Röhre unten in die Esse einströmen läßt. Diese Kraft bietet einen sehr wichtigen Vortheil dar: sie giebt einen mit den Bedürfnissen der Locomotive im Verhältniß stehenden Zug, weil, jemehr Geschwindigkeit dieselbe annimmt, jemehr sie leistet, um so mehr Dampf einströmt, um so größer der Zug, der Brennmaterialverbrauch und die Dampfproduction ist. Es entsteht dadurch aber auch ein bedeutender Gegendruck, welcher die Kraft der Maschine sehr vermindert.

Erlangte Wirkung. Man hat auf diese Weise das Resultat erreicht, daß der ganze Nutzeffect der Flamme auf einem sehr kurzen Wege verwirklicht wird, und daß man von jedem Quadratmeter der Heizoberfläche mehr Producte erlangt, als von den übrigen Kesseln, ohne dadurch den Nutzeffect des Brennmaterials zu vermindern, welches auf den ersten Blick paradox erscheinen könnte. Die folgende Tabelle, welche die Verhältnisse und den Nutzeffect mehrerer Locomotivenkessel angiebt, ist nach sicheren Resultaten aufgestellt.

Vergleichende Feuerung mehrerer Locomotiven.

	Der Pfeil	Die Rakete	Durchschnitt von 7 Maschinen auf d. Liverpooler Eisenbahn	Die Siegerin	Niederdruck-Kessel von Braithwaite und Ericson mit Ventilator
	Q.M.	Q.M.	Q.M.	Q.M.	Q.M.
Rostoberfläche	0,45	0,45	0,641	1,00	0,45
Essen-Querschnitt	0,078	0,078	0,0825	0,113	0,076
Summe der Querschnitte der Rauchröhren .	0,215	0,125	0,123	0,67	0,076
Heizoberfläche durch Strahlung auf den Heerd	1,86	1,86	4,007	5,50	3,07
Heizoberfläche durch Mittheilung in den Röhren	26,32	11,00	26,79	45,00	22,94
Ganze Heizoberfläche	28,18	12,86	30,895	50,50	26,00
In einer Stunde verbranntes Brennmaterial	204 Kil.	147,5 Kil.	278 Kil.	—	114,26
In einer Stunde erzeugter Dampf . . .	1249	840,5	1580	—	1014
Von 1 Kilogr. Coaks verdampftes Wasser	6	5,68	5,67	—	10
Von 1 Quadratmeter Heizoberfläche in 1 Stunde producirter Dampf	44	64	51	—	39,10
Auf 1 Qudratdecim. d. Esse verbrannte Coaks*)	26	19	33,5	—	15
Auf 1 Qudratdecim. d. Rostes verbr. Coaks	4,62	3,3	4,30	—	2,52
Verhältniß d. directen zu d. ganzen Oberfläche	0,066	0,14	0,13	0,11	0,12
Auf das Quadratmeter Heizoberfläche verbranntes Brennmaterial	7,24	11,15	8,97	—	4,38

*) Mit dem künstlichen Zug durch den ausgeblasenen Dampf.

Vergleichende Resultate. Wenn man diese Tabelle mit derjenigen vergleicht, welche wir über mehrere Dampfbootkessel mitgetheilt haben, so wird man sehen, daß jedes Quadratmeter Heizoberfläche zuweilen das Doppelte an Dampf von dem giebt, den man in dem letztern enthält; jedoch ist die von 1 Kilogramm Steinkohle producirte Dampfmenge in beiden Arten von Kesseln dieselbe.

Stellt man Betrachtungen hierüber an, so wird man sehr bald finden, daß dieß zum Theil von der Anwendung der Coaks herrührt, ein Brennmaterial, welches eine kurze Flamme giebt, welches keinen Ruß absetzt und die Röhren nicht verunreinigt. Zum Theil liegt dieß auch in der sehr häufigen Reinigung dieser Röhren, eine Reinigung, welche die Menge des zu einer gegebenen Wirkung erforderlichen Brennmaterials um 10 — 15 Procent vermindert; es rührt ferner besonders daher, daß eine sehr bedeutende Theilung der Flamme bewirkt wird, und daß eine sehr vielfache Berührung mit den abkühlenden Oberflächen stattfindet; ferner daher, daß, da die ganze Heizoberfläche sehr kurz, und nicht breiter als die Flamme ist, man deren Einwirkung unmittelbar erlangt; endlich an der Lebhaftigkeit des künstlichen Zuges, an der Verengung des Rostes und an der daraus folgenden intensiven Verbrennung, d. h. in der gleichzeitigen und höchsten Benutzung aller Bedingungen, welche, selbst auf Kosten der Dauer der angewendeten Apparate, die schnellste Production gewährt.

Schnelle Zerstörung dieser Apparate. Allein diese Vortheile deren Zweck und Resultat eine bedeutende Reduction der Heizoberfläche und des Volums von dem Generator und dem darin enthaltenden Wasser, haben auch durch die Anwendung eines mechanischen Mittels, um die Flamme zu nöth=

gen, schnell durch die Röhren zu strömen, und damit die Verbrennung ihre ganze Lebhaftigkeit und Kraft behält, ganz unvermeidlich einen großen Nachtheil herbeigeführt. Es besteht derselbe in der sehr schnellen und kostbaren Abnutzung der kupfernen oder messingenen Röhren, die viel Arbeit erfordern, und die täglich sowohl durch die Reibung der Asche, welche die Flamme mit sich führt, als auch ohne Zweifel durch eine thermoelektrische Wirkung, die ihr Gewicht in kurzer Zeit bis auf ein Drittel vermindert.

Diese kostbaren Bedingungen des mechanischen Zuges, nämlich die schnelle Abnutzung und die schwierige Reparatur, sind der Anwendung der Röhrenkessel bei feststehenden Maschinen, d. h. überall da entgegen, wo das Gewicht und das Volum keine Hauptbedingung sind.

Unterhaltungskosten. Zahlen werden die Wichtigkeit dieser Unterhaltungs- und Reparaturkosten am Besten nachweisen. Graf Pambour führt in seinem Werke zwei Locomotiven der Liverpool-Manchester-Eisenbahn an, die ganz neu waren und die, wie er bemerkt, die merkwürdige Leistung machten, daß die eine, die Feuerfliege, 57 Wochen und 35421 englische Meilen zurückgelegt hatte, welches im Durchschnitt 16 englische Meilen in der Stunde und daher 2088 Stunden oder 160 wirkliche Arbeitstage macht, die andere, die Leber, 107 Wochen und 53,000 englische Meilen Wegs und 5312 Stunden, oder 255 wirkliche Arbeitstage gemacht hat. Welche feststehende Maschinen können also bemerkenswerth vortrefflich angeführt werden, ohne vollständige Reparatur 6—8 Monate im Betriebe gewesen zu sein?

Von 23 Maschinen, die bei einer geringern Geschwindigkeit auf der Darlington-Bahn im Betriebe waren, waren bei einem fünfmonatlichen Betriebe im Durchschnitte 61 Arbeitstage und 71 Reparaturtage.

Die durchschnittlichen Unterhaltungskosten auf die 61 Betriebstage betrugen 1530 Franken, und obgleich ihr Betrieb nur 13 volle Stunden täglich, wie bei den feststehenden Maschinen, dauerte, so betragen doch diese 1530 Franken in 2 Monaten 9130 Fr. jährliche Unterhaltungskosten für eine Maschine von 20 Pferdekräften. Die Generatoren nehmen einen bedeutenden Theil von dieser Summe in Anspruch; denn von den 23 Maschinen haben die mit 88 bis 120 Röhren die meisten Reparaturen und die meisten Unterhaltungskosten verursacht, während eine Maschine mit 3 Röhren die geringsten erforderte. (Vierte Abtheilung, Unterhaltung der Maschinen). Wir werden weiter unten sehen, daß die Unterhaltungs- und Reparaturkosten einer Maschine von 20 Pferdekräften auf höchstens 2000 Fr. jährlich, d. h. auf vier Mal weniger, als bei den Locomotiven, veranschlagt werden könnte.

Vergleichende Resultate und Versuche des Grafen Pambour. Die Untersuchung unserer Tabelle zeigt uns jedoch Uebereinstimmung mit unseren Grundsätzen, daß die Locomotiven, welche die beste Dampfproduction gegeben haben, diejenigen sind, bei denen die Heizoberfläche im Verhältniß zu dem verbrannten Brennmaterial die größte gewesen ist. Graf Pambour theilt in der zweiten Ausgabe seines **Traité des Locomotives** eine lange Reihe von wissenschaftlichen Versuchen mit, um alle Bedingungen des Betriebes der Kessel bei den Locomotiven zu bestimmen. Die Resultate lassen sich auf folgende Weise zusammenfassen.

1) Die Production des Dampfes vermindert sich etwas, wenn der Druck in dem Kessel zunimmt.

2) Die Dampfproduction nimmt mit der Geschwindigkeit der Locomotive bedeutend zu, weil die Kraft des Dampfstromes und folglich auch der Zug

zu gleicher Zeit zunehmen, und wenn die Maschine angehalten wird, so producirt sie fünf Mal weniger Dampf, als wenn sie mit ihrer normalen Geschwindigkeit geht.

3) Ueber und unter dem Durchschnitte der Röhre, welche hinreichend ist, um die Flamme an das Ende der Feuerröhren zu führen, vermindert sich die Dampfproduction.

4) Wenn die Maschine aufgehalten ist, oder sie hat eine geringe Geschwindigkeit, so ist die Dampfproduction auf die Einheit der der Wirkung des Heerdes direct ausgesetzten Oberfläche weit bedeutender, als für die Einheit der Röhrenoberfläche, allein wenn die Maschine im vollen Betriebe ist, so ist die Production für beide Oberflächen gleich, weil, da sich die Flamme alsdann bis zu dem Ende der Röhren verlängert, das Ganze wirklich direct der Strahlung ausgesetzte Oberfläche ist. Man muß demnach die ganze Heizoberfläche als Basis der Berechnungen nehmen, welche bei der Construction der Locomotiven aufzustellen sind.

5) Die mittlere Dampfproduction auf das Quadratmeter ganzer Oberfläche und in der Stunde beträgt 62,4 Kilogramm: es ist dieß fast die Production der Rakete in der vorhergehenden Tabelle.

6) Die Wassermenge, welche flüssig durch den Dampf in die Cylinder geführt wird, wechselt nach der Entfernung zwischen dem Wasserstande und der Auffangung des Dampfes, nach dem räumlichen Inhalte des Dampfbehälters und nach der Geschwindigkeit der Verdampfung, um 10 — 36 Procent von der ganzen, aus dem Kessel entnommenen Menge.

7) Mit Gascoaks verbrennt man 12 Procent mehr, als mit der besten Sorte von Hohofencoaks. Mit dieser letzteren beträgt der mittlere Verbrauch der Locomotiven 10 englische Pfunde, oder 4,53 Ki-

logramm für 1 Kubikfuß, oder 28,014 Meter verdampftes Wasser, wenn die Maschine im Betriebe ist, oder 6,25 Kilogramm mit Einschluß des flüssig von dem Dampf mit weggeführten Wassers, so daß die wirklich verdampfte Menge 5,80 Kilogramm beträgt. Es muß noch bemerkt werden, daß die Coaks einen noch größeren Nutzeffect an Dampf geben, wenn die Maschine aufgehalten ist, oder langsam geht, mit einem Wort, wenn die verbrannte Brennmaterialmenge geringer ist, weil alsdann die Heizoberfläche im Verhältniß zu der verbrannten Menge bedeutender ist. Die mittlere Verdampfung, welche wir mitgetheilt haben, entspricht einer Verbrennung von 10 — 11 Kilogramm Steinkohlen auf das Quadratmeter ganzer Heizoberfläche.

8) Was nun das Verhältniß zwischen der Heizoberfläche des Heerdes und der der Röhren betrifft, so vermehrt man den Nutzeffect des Brennmaterials durch Vermehrung der Oberfläche der Röhren, indem der Heerd kleiner bleibt; vermehrt man aber die Heerdoberfläche und seine Größe, so vermehrt man die Productionsgeschwindigkeit und, was von Wichtigkeit ist, selbst auf Kosten des Nutzeffects von dem Brennmaterial.

Dimension der Rosten für Coaks. Man wird auch bemerken, daß die zum Verbrennen der Coaks eingerichteten Roste klein sind. Das Verhältniß, welches das vortheilhafteste zur Production des Dampfes von hohem Druck mit der Steinkohle, ist das von 1 Quadratdecimeter auf 1 Kilogramm verbrannter Steinkohle. Hier verbrennt man im Durchschnitt 4,30 Kilogramm Coaks auf das Quadratdecimeter Rost, d. h. die Roste sind fast vier Mal kleiner, als für die Steinkohle; die Intensität der Verbrennung wird dadurch sehr vermehrt.

Von den Brennmaterialien.

Von der Steinkohle. Das wichtigste von allen Brennmaterialien, und das vortheilhafteste für die Dampfbildung ist, ohne Widerrede, die Steinkohle. Zwar sind die Fabricanten nicht immer im Stande, die besten auszuwählen, jedoch wollen wir hier die Eigenschaften nennen, deren Kohlen man den Vorzug geben muß.

Die beste Steinkohle ist zuförderst diejenige, welche die wenigste Asche giebt *); sie muß fett oder backend sein, um nicht in Staub zu zergehen, und durch den Rost des Ofens zu fallen; ohne es jedoch zu sehr zu sein, so daß sie nur eine einzige Masse bildet; denn es concentrirt sich alsdann alle Wärme unter der Rinde der geschmolzenen Steinkohle, der Rost wird rothglühend, verbrennt rasch und das Feuer wirkt minder lebhaft auf den Kessel. Die zu fetten Kohlen, d. h. diejenigen, welche viel Wasserstoff enthalten, wie die Cannel-Kohle, führen immer eine große Menge Kohlenstoff, der sich leicht verflüchtigt und sehr schwer verbrennt, in dem Rauche mit sich. Will man Steinkohlen dieser Art anwenden, so muß man sie mit magern Kohlen vermengen, die sich leicht zertheilen, so daß man die Mängel des einen durch die des andern verbessern kann: ein gleiches Gemenge verwendet man zur Verbesserung der magern oder sogenannten Sandkohlen. Hat man keine sehr fetten Kohlen zur Verbesserung der magern, so kann man sie etwas anfeuchten.

Dieses zum Anfeuchten verwendete Wasser hemmt die Lebhaftigkeit der Verbrennung und vermindert

*) Es ist leicht, die Steinkohlen in dieser Beziehung zu untersuchen, indem man gleiche Mengen der verschiedenen Arten in einem Ofen verbrennt und alsdann die zurückbleibende Asche wiegt.

die Dampfkraft; allein der bedeutendste Verlust, den es veranlaßt, rührt daher, daß eine große Wärmemenge ohne Vortheil dazu verwendet werden muß, die feuchten Steinkohlen zu trocknen. Sehr fette und sehr flammende Steinkohlen geben auch ein viel zu lebhaftes und zu wenig anhaltendes Feuer. Es sind dieß stets gefährliche Alternativen für die Kessel, welche dem regelmäßigen Gange der Maschinen entgegen sind: mit einem Wort, die für die Dampferzeugung günstigste Steinkohle ist diejenige, welche ein lebhaftes, flammendes, aber gleiches und anhaltendes Feuer unterhält, und die nur wenig Asche zurückläßt.

Wir empfehlen besonders, wenn die anzuwendende Steinkohle spröde ist, alle durch den Rost fallende Asche durch ein Sieb zu werfen, um die dabei in großer Menge wiedergewonnenen Coaks und Steinkohlen auf den Rost zurückwerfen zu können. Uebrigens dürfen es die Fabricanten nicht vernachlässigen, ein oder zwei Tage lang, neu angekaufte Steinkohlen zu probiren, um danach die zum Betriebe für eine bestimmte Zeit erforderlichen Mengen zu bestimmen; es ist dies das einzige Mittel, um mit Sicherheit die Qualität der Steinkohle zu erkennen. Sehr nöthig und wesentlich ist es aber, die Heizer bei diesen wichtigen Versuchen streng zu beaufsichtigen, weil sie häufig die bessere oder schlechtere Beschaffenheit der Steinkohlen nach der größern oder geringern Generosität der Kaufleute taxiren, welche die Steinkohlen liefern. Man wird in der fünften Anmerkung des Anhanges eine Bemerkung über die Art und Weise des Messens der Kohlen finden. Es ist auch stets wesentlich, die Steinkohlenmagazine gegen die Einwirkungen des Regens zu schützen.

Von der Anwendung der magern Steinkohlen in den Dampfmaschinenöfen. Seit einiger Zeit gebraucht man zu Paris und in dessen Umgegend viele magere Steinkohlen selbst zur Feuerung der Dampfkessel, zuvörderst, weil sie nur sehr sehr wenig und bei einigen Qualitäten gar keinen Rauch geben. Endlich auch, weil sie wenigstens 20 Procent billiger als die guten Steinkohlen von Mons sind.

Die Resultate, welche man mit diesen Steinkohlen erlangt, wenn die Heizer sie zu benutzen wissen, sind vortrefflich und denen der fetten Steinkohlen fast gleich. Jedoch erfordert die Leitung des Feuers eine besondere Sorgfalt. Man muß solche Kohlen auf dem Roste nur wenig umrühren und auseinanderziehen und stets feuern, wenn noch andere Kohlen auf dem Roste liegen, weil sonst die leicht zerbrechlichen magern und die kleinen Kohlen, ohne zu verbrennen, durch den Rost fallen.

Es ist auch klar, daß man dünne und nahe aneinanderliegende Roststäbe anwenden und die Asche sehr sorgfältig durch ein Sieb schlagen muß.

Verschiedene Arten von Steinkohlen für die Oefen. Die Steinkohlen, welche in Frankreich die besten Resultate für die Dampfproduction geben, sind die von Mons, auf welche die von Sunderland, Newcastle und aus Schottland folgen. Ihr Verbrauch bei gleicher Dampfproduction steht in folgendem Verhältniß, ohnerachtet der unvermeidlichen Abweichungen der Qualität:

Steinkohlen von Mons .	13,5 bis 14 Hectoliter.
Sunderland	15 "
Newcastle und Schottland	16 bis 17 "

Man wird weiter unten bei der Vergleichung der Brennmaterialien die Dampfproduction der haupt-

sächlichsten englischen Steinkohlenarten angegeben finden.

Was nun die französischen Steinkohlen betrifft, so sind sie nicht so gut, als die von Mons, zur Feuerung der Dampfkessel; die besten sind die aus dem Bourbonnais, aus Bourgogne, aus dem Lyonnais und aus der Franche-Comté; die aus dem Norddepartement sind im Allgemeinen zu mager.

Diese Resultate werden dazu dienen, um den verhältnißmäßigen Preis bei'm Ankauf zu vergleichen. Wir können nicht genug die Auswahl der besten Brennmaterialien empfehlen; der Ofen und die Maschine sind in einem weit bessern Betriebe, der Rost wird nicht zu rasch zerstört, der Heizer hat einen bei Weitem weniger saurern Dienst, kurz, man hat dabei eine sehr wesentliche Ersparung.

Von den Coaks. Man kann sich ebenso gut der Coaks oder verkohlten und dadurch gereinigten Steinkohlen zur Dampfkesselfeuerung bedienen, wie es bei den Locomotiven geschieht; allein alsdann muß man den Rost auf eine sehr kleine Oberfläche, auf $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ etwa von der oben angegebenen, vermindern, ohne irgend etwas an dem Querschnitt der Esse zu verändern, so daß die Lebhaftigkeit der Verbrennung vermehrt wird. Man erhöht zu gleicher Zeit den Heerd, um mehr Brennmaterial einschüren zu können, indem in diesem Falle, wie bei dem Holze, keine Verstopfung zu fürchten ist, welche das Hindurchströmen der Luft zur Unterhaltung der Verbrennung verhindert. Man muß außerdem das Feuer mit gewöhnlicher Steinkohle oder mit Holz in gehörigen Brand bringen und auf diese Weise die Verbrennung der Coaks befördern, in welcher dieselbe nur sehr langsam vorschreiten würde, wenn der Heerd ganz kalt wäre.

Diese durchschnittliche Dampfproduction, welche der Graf Pambour bei sehr vielen Locomotiven erhielt, mit denen er sehr genaue Versuche anstellte, und wobei das mit weggerissene Wasser berücksichtigt wurde, beträgt 5,71 Kilogramm Wasser bei 1 Kilogramm Coaks von bester Qualität. Nach den in einem großen Maßstabe bei dem Betriebe der Locomotiven angestellten Versuchen verhält sich die Heizkraft der Coaks dem Gewichte nach zu der der Steinkohlen, bei gleicher Qualität, wie 13 zu 14. Substituirt man bei der Erwärmung eines Bades und mit einem dazu vorgerichteten Heerde, allein bei demselben Kessel und demselben Ofen, Coaks für Holz, so gelangt man zu demselben Resultate, d. h., wir erlangten dieselbe Feuerung in einer im Durchschnitt kürzern Zeit den mit einer um 6 bis 8 Proc. geringern Menge Coaks, als das Gewicht der vorhin verbrannten Steinkohle betrug.

Von dem Holze. Was nun das Holz betrifft, so muß man es nur anwenden, wenn es an jedem andern Brennmaterial fehlt, und stets das trockenste und schwerste auswählen. Jedoch ist von diesen harten Hölzern das Eichenholz das minder vortheilhafte, weil es nur wenig Flamme gibt, nicht frei verbrennt und im Gegentheil, indem es sich in Kohle verwandelt, viel glühende Kohlen zurückläßt, welche Roste und Ofenthüren verbrennen und das Hinzukommen zu diesen verhindern. Das Nadelholz gibt ein leichter zu leitendes Feuer, obgleich es für die Siederöhren sehr nachtheilig ist, indem es sehr rasch und bald abbrennt, so daß der Rost sehr bald leer wird; auch ist man, wie wir bemerkt haben, genöthigt, den Heerd tief zu machen und ihn mit Brennmaterial anzufüllen.

Die Dampfböte auf der Garonne und der Gironde, sowie fast alle die der Vereinigten Staaten,

müssen auch mit Holz gefeuert werden. Ebenso gebrauchen es die Fabriken im Elsaß und an manchen Puncten Deutschlands ebenfalls zur Dampfproduction.

Beschaffenheit verschiedener Holzarten. Uebrigens erfordert das Holz, welches die meiste Kohle und die wenigste Flamme gibt, wie das Eichenholz, und welches sich offenbar mehr, als die flammenden Holzarten, den Eigenschaften der Steinkohlen nähert und ein heftiges, anhaltendes Feuer mit kurzer Flamme gibt, um gute Resultate zu geben, Heerde, welche sich denen für die Steinkohlen nähern, d. h. Rosten, welche dem Kessel näher liegen.

Die Heizkraft des Holzes hängt sehr von seinem Grade der Trockenheit ab, indem Fichtenholz, einen Monat, nachdem es geschlagen ist, bei'm Trocknen auf dem Ofen, bis 23 Procent von seinem Gewicht an Wasser verliert. Wendet man aber Fichten- oder auch Büchenholz von 13 Monaten Einschlag und nachdem es 6 oder 7 Monate vorher klein gemacht worden war, an, so erhält man nach der Angabe der Herren Gros-Davilliers, Roman u. Comp. zu Wesserling, ein mittleres Verhältniß der Heizkraft dieser Holzarten zu der der Saarbrücker Steinkohten, das 2,30 ist. Man wird sich in der Praxis wenig täuschen, wenn man annimmt, daß bei gleichem Gewicht und bei gleicher Trockenheit alle Holzarten dasselbe Resultat der Heizkraft geben; allein man muß sich wohl hüten, sie grün anzuwenden. Die Einrichtung des Heerdes, welche das Brennmaterial erfordert, haben wir weiter oben angegeben.

Von dem Torf. Der hohe Preis der Steinkohlen und des Holzes an vielen Orten Deutschlands und Frankreichs hat die Benutzung des Torfes mit einem vollkommen guten Erfolg auf die Dampfproduction veranlaßt.

Die Oefen, welche zur Verbrennung des Torfes angewendet werden, sind dieselben, wie die zur Holzfeuerung, denn es findet eine große Aehnlichkeit zwischen diesen Brennmaterialien statt.

Die Beschaffenheit des Torfes ist sehr verschieden. Man kann dieselbe fast von dem erdigen Rückstand entnehmen, welchen sie gibt und welcher sich zuweilen auf mehr als 25 Procent beläuft, sowie auch nach dem Wassergehalt abschätzen. Man muß den Torf gegen die Einwirkung des Regens sichern. Recht trockner Torf ist ein vortreffliches Brennmaterial, welches, bei einem guten Zuge, eine bedeutende Intensität erreicht, sehr gleichförmig ist und nicht, wie das der Steinkohlen, geschürt zu werden braucht. Die Flamme ist kürzer, als die des Holzes.

Der hauptsächlichste Fehler des Torfes ist der, ein zu bedeutendes Volum zu besitzen, sehr viel Platz im Magazin und im Heerde einzunehmen, und folglich nicht die ganze Stärke der Verbrennung zu geben, deren er bei einer größeren Dichtigkeit fähig sein könnte. Man hat es mehrere Male versucht, den Torf zusammenzudrücken; es ist aber nie gelungen, dieses Verfahren auf eine für die Gewerbe hinlänglich haushälterische Weise ausführen zu können. Mit dieser so wichtigen Zusammendrückung würde man ein für den Rost vortreffliches Brennmaterial erlangen, auch könnte man eine Kohle daraus darstellen, die eine sehr ausgedehnte Benutzung zulassen würde, weil sie nicht den unangenehmen Geruch des Torfes haben würde.

Nach dem im Großen in der Bleichanstalt der Herren Verteau u. Comp. zu Meudon angestellten Versuche ist das Verhältniß der Ausgabe zwischen dem Streichtorf aus dem Oisedepartement und der Steinkohle wie 2,50 zu 1. Der Torf von Mennecy gibt ein etwas größeres Verhältniß, etwa 2,60. Wir kennen nicht genau den Unterschied des Productes,

den der Streichtorf und der gewöhnliche Torf geben, d. h. derjenige, der ausgestochen und getrocknet ist, ohne in der Form zusammengedrückt worden zu sein, allein nach denselben Versuchen verhalten sie sich bei gleichem Gewicht fast gleich.

Man sieht demnach, daß die Heizkraft eines guten Torfs fast gleich der des Holzes ist, welches in demselben Jahre geschlagen wurde; die der Torfkohle ist fast der der Holzkohle gleich.

Von der Bagasse oder dem ausgepreßten Zuckerrohr. In den Colonien wendet man zur Heizung der Zuckersiedeapparate das Zuckerrohr an, welches durch Quetschen zwischen Walzen allen seinen Zucker und Saft verloren hat und dann getrocknet worden ist, indem Holz und Steinkohlen zu theuer sein würden.

Es wird dieses Brennmaterial in sehr starken Bündeln zusammengebunden, und da es eine sehr starke Flamme gibt, so wird es mit der Gabel eingeschürt, und erfordert folglich breite und tiefe Heerde und eine bedeutende Entfernung des Rostes vom Kessel, etwa 0,65, wenn es seine höchste Leistung geben soll. Vergleichende Versuche haben gezeigt, daß die Bagasse und das Büchen- oder Fichtenholz, bei gleichem Gewicht, fast dieselbe Heizkraft haben.

Von dem Anthracit. Der Anthracit erlangt täglich eine größere Wichtigkeit in den Gewerben, seitdem man ihn als Brennmaterial ordentlich kennen gelernt hat.

Zu einer guten Verbrennung ist bei ihm noch mehr, als bei den Coaks, ein enger, tiefer, sowie von allen Seiten von Ziegelsteinen umgebener Heerd nöthig.

Man hat ihn mit den besten Resultaten bei'm Hohofenbetriebe, bei'm Kalkbrennen, zur Stubenheizung, bei einer langsamen Verbrennung und zur Dampferzeugung angewendet. In den vereinigten

Staaten wird er sehr viel angewendet. Seine Heizkraft übersteigt die der besten Steinkohlen um 5 bis 7 Procent.

Von den Braunkohlen. An manchen Orten wendet man auf den Rosten Braunkohlen an. Sie unterscheiden sich von den Steinkohlen dadurch, daß sie weit weniger brennbare Stoffe enthalten, bei'm Verbrennen keine Coaks geben und auf dem Roste nicht zusammenbacken. Da die Braunkohlen weniger entzündlich, als die Steinkohlen sind und sich in dieser Beziehung den Coaks nähern, so erfordern die Braunkohlen einen stärkern Zug und minder breite Roste. Man versuchte sie auf dem Schweizer Dampfboot, dem Leman, wendete aber statt ihrer bald Torf an, weil sie, außer einem so hohen Preise, auch die Kessel angriffen. Wirklich enthalten sie fast stets Schwefelkies. Ihre Heizkraft ist mit ihrer Beschaffenheit sehr verschieden, jedoch stets geringer, als die der Steinkohlen. Obgleich man keine bekannten Erfahrungen über diesen Gegenstand hat, so darf man doch darauf rechnen, daß sie 0,30 bis 0,40 von der der Steinkohlen beträgt.

Von den Lohkuchen. Die meisten Gerber gebrauchen mit gutem Erfolg zur Erheizung der Dampfmaschinen nur Lohkuchen. Zu dem Ende wird die benutzte Lohe geformt und getrocknet, worauf sie ein lebhaftes, flammendes Feuer gibt, welches jedoch noch öfter geschürt werden muß, als das Torffeuer. Die Lohkuchen dürfen aber auf dem Roste mit der Schürgabel weder umgekehrt, noch stark berührt werden, weil sie sonst auseinander gehen und durch den Rost fallen würden; gebraucht man nun diese Vorsichtsmaßregeln, so halten sich die Lohkuchen recht gut. Das Nachtheilige bei dieser Heizmethode, die sehr wohlfeil ist, und die eine interessante Benutzung von einem fast schon verbrauchten Producte darbietet, von welchem zu Paris die 1000 Kilogramm nur 10

Franken kosten, besteht darin, daß sie einen bedeutenden Raum erfordert, um im Sommer sämmtliche Lohkuchen zu einem jährlichen Betriebe zu trocknen. Auch hat es Schwierigkeiten, sie ausschließlich zur Feuerung einer Maschine anzuwenden. Die Lohe allein gibt weniger Wärme, als das Holz; 125 Kilogramm Eichenrinde geben, nachdem sie als Lohe benutzt worden sind, ohngefähr 100 Kilogramm Brennmaterial, die zur Dampferzeugung ohngefähr 65 Kilogramm trocknem Holz oder 28 Kilogramm Steinkohle gleich zu achten sind. Ihr Verhältniß zur Steinkohle ist demnach 3,55.

Von der Heizkraft der hauptsächlichsten Brennmaterialien. Folgendes sind die Dampfmengen, welche 1 Kilogramm von einem jeden der Brennmaterialien, von denen wir geredet haben, in einem gut eingerichteten Ofen und unter einem blechernen Kessel mit Sieseröhren, geben kann. Wir haben diese Dampfmengen in einer Tabelle zusammengestellt. Jedoch müssen wir bemerken, daß das unmittelbare Product und die relativen Beschaffenheiten der verschiedenen Brennmaterialien mit ihrer Benutzung sehr verschieden ist. Die Länge der Flamme, die Stärke des Feuers, das Volum des Brennmaterials rc. sind Bedingungen, die in manchen Fällen ebenso günstig, als in einigen andern ungünstig sind.

Auf diese Tabelle lassen wir eine andere folgen, welche die Dampfmengen enthält, die ein und derselbe Kessel, nach dem Cornwalliser System eingerichtet, bei den vortrefflichen Versuchen, die Herr Wicksteed, in der Nähe von London, mit den hauptsächlichsten in England angewendeten Brennmaterialien anstellte, gab. Es geben diese Zahlen die wirkliche Dampfproduction der Cornwalliser Kessel. (Siehe Cornwalliser Kessel und Maschinen.)

Vergleichende Tabelle über die Heizkraft der hauptsächlichsten Brennmaterialien.

Beschaffenheit der Brennmaterialien.	Dampfmenge, die von 1 Kil. Brennmaterial producirt worden ist.	Verhältnißmäßige Brennmaterialmenge.	Verhältniß der Heizkraft.	Bemerkungen.
	Kil.	Kil.	Meter	
Fette Steinkohle von Mons . . .	5	125	0,80	Dampf von 4 oder 5 Atmosphären.
Desgleichen	6,25	100	1	Dampf von atmosphärischem Druck.
Desgleichen	7	112	0,89	Bei Verdampfungen in niedriger Temperatur; die über 7 Kil. erlangten Resultate sind keine Fabrikdurchschnitte.

Sehr spröde Steinkohlen in kleinen Stücken	4,50	153	0,72	Hochdruckdämpfe.
Desgleichen	5	125	0,80	Niederdruckdämpfe.
Ofen-Coaks, erste Qualität *)	4,65	133	0,74	Hochdruckdämpfe.
Desgleichen	5,80	108	0,92	Locomotive, künstlicher Zug.
Fichten- und Büchenholz von 13 Monaten	2,70	230	0,43	Niederdruckdämpfe.
Eichenholz	2,50	250	0,40	Desgleichen.
Holzkohlen	6	105	0,96	Desgleichen.
Braunkohlen	3,50	180	0,56	Desgleichen.
Torf, erste Qualität	3,70	250	0,43	Desgleichen.
Torf, dichter und zusammengepreßter	4	150	0,64	Desgleichen.
Getrocknete Lohkuchen	2	300	0,32	Desgleichen.
Ausgequetschtes Zuckerrohr	2,70	230	0,43	Desgleichen.
Anthracit	7	90	1,12	Desgleichen.

*) Wenn die Production der Coaks hier geringer, als die der Steinkohlen ist, so rührt das daher, daß sie auf einem zu Steinkohlen vorgerichteten Heerde, und folglich unter unvortheilhaften Umständen verbrannt wurden.

Versuche von Wicksteed mit einem Cornwalliser Kessel.

	Kil. Wasser bei 26,7 Verdampfung durch 1 Kil. Brennmaterial.	Kil. Wasser bei 12,5 Verdampfung durch 1 Kil. Brennmaterial.
Waliser Steinkohlen, erste Qualität	9,493	9,284
Anthracit	9,014	8,816
Newcastler, kleine, erste Qualität	8,524	8,346
Newcastler, kleine, mittlere Qualität	8,074	7,896
Waliser, mittlere Qualität	8,045	7,868
Gas-Coaks	7,908	7,734
Newcastler Coaks, kleine, zur Hälfte	7,897	7,723
Wales und Newcastle, zur Hälfte	7,865	7,692
Derbyshire und Newcastle, kleine, zur Hälfte . . .	7,710	7,540
Newcastle, grobe, mittlere Qualität	7,658	7,489
Derbyshire	6,772	6,662
Blythe-Maine in Northumberland	6,600	64,55

Von dem Nutzeffect der Brennmaterialien.

Von den Verfahrungsarten, um einen Theil von der durch die Essen verlornen Wärme zu benutzen. Wir haben schon gesagt, daß die meisten Erfindungen und Constructionen darauf hinausgegangen seien, eine Vermehrung des Productes der Generatoren und der Oefen, in verwickelten Formen, die schwer auszuführen und kostbar zu unterhalten wären, hinausliefen.

Diejenigen Erfindungen, welche von dem Brennmaterial sogleich die größtmögliche Wirkung zu erreichen suchten, sind daran gescheitert, daß sich der Zug in dem Maß verminderte, je kälter der Rauch entwich, wodurch eine schlechte Verbrennung und endlich ein Verlust veranlaßt werden. Es sind demnach diese Verfahrungsarten bei den meisten Gewerben nicht anwendbar, welche die größten Brennmaterialmassen gebrauchen.

Es gibt demnach zwei Fragen:

1) Welches sind, den Umständen nach, die wohlfeilsten Mittel zur Hervorbringung des Zuges?

2) Worin bestehen die Mittel, welche die Benutzung der bis jetzt verloren gehenden Wärme gestatten, ohne jedoch dem Zuge oder dem Nutzeffect zu schaden?

Ganze, von der Steinkohle zu erlangende Wärmemenge. Wir wollen zuvörderst die ganze Wärmemenge bestimmen, welche dieses Brennmaterial geben kann, sowie wir auch die Wärmemenge zu bestimmen suchen wollen, die bei den verschiedenen Gewerben durch 1 Kil. Steinkohle hervorgebracht wird. Ein Kilogramm Steinkohle gibt durch ihre Verbrennung 7,050 Wärmeeinheiten. Die Wärmeeinheit ist diejenige Wärmemenge, welche dazu erforderlich ist, um die Temperatur von 1 Kil. Wasser um 1° C. zu erhöhen.

Zug für Niederdruckdämpfe. Nun geben, in den Kesseln für Niederdruck, 1 Kil. Steinkohlen 6 Kil. Dampf, welche eine jede 650 Wärmeeinheiten enthalten, d. h. zusammen 3900 Wärmeeinheiten, statt 7050, welche sie geben müßten; es findet demnach ein Verlust von 3150 Wärmeeinheiten, oder von 44 Procent statt, und wenn man 10 Procent von diesem Verlust für die Abkühlung des Ofens

abrechnet, so beträgt der Verlust, welcher durch den Zug der Esse veranlaßt wird, d. h. der Kostenpreis des Zuges, 40 Procent. Dasselbe findet fast bei allen Abdampfungskesseln statt, bestehen sie nun aus Kupfer, Blech oder Gußeisen, und dienen sie zur Färberei, zu Bädern 2c. Bei den Hochdruckkesseln kostet der Zug fast 50 Procent.

Zug unter den bleiernen Pfannen. Unter den bleiernen Pfannen, welche zur Concentration der Schwefelsäure angewendet werden, gibt 1 Kilogramm Steinkohlen nur 2,5 bis 3 Kilogramm Dampf, und der Zug kostet 65 Procent von dem Brennmaterial.

Zug bei den Heerden der Wohnhäuser. Bei der Heizung der Wohnungen ist der Verlust bedeutend. Mit guten Luftwärmöfen, Stubenöfen oder mit dem Kamin von Désormeau, beträgt der Verlust 45 bis 50 Procent; bei offenen Kaminen erhebt er sich auf 85 oder 90 Procent.

Zug der bei dem Eisenhüttenbetriebe angewendeten Oefen. Die Bestimmung der wirklich bei der Darstellung und Verarbeitung des Eisens und mehrerer anderer Metalle angewendeten Wärmemenge ist sehr schwierig; es fehlt uns an Angaben über ihre genauen Schmelzpuncte, über ihre specifische Wärme in diesen hohen Temperaturen, sowie über die Wärmemenge, welche bei'm Uebergange in den flüssigen Zustand latent wird.

Dennoch lassen sehr wahrscheinliche Berechnungen den Wärmeverlust durch die Esse bei'm Schmelzen des Roheisens auf mehr als 80 Procent, bei'm Puddeln, Schweißen und Glühen des Eisens und Bleches auf mehr als 95 Procent, und endlich bei den Glasöfen, Kupferschmelzöfen, Töpfer- und Porcellanöfen 2c. auf mehr als 98 Procent annehmen.

Bestimmung des Verlustes durch die Essen, welche in England, Frankreich und Belgien gemacht worden ist. Rechnet man daher im Durchschnitt 75 Procent von der verbrannten Brennmaterialmenge, die in den Essen bei den verschiedenen Gewerben in Frankreich, Belgien und England verloren geht, welches aber noch unter der Wahrheit ist, so folgt, daß von mehr als 300 Millionen metrischen Centnern Steinkohlen, welche jährlich in diesen drei Ländern verbraucht werden, 225 Millionen Centner, die wenigstens einer Summe von 175 Millionen Franken entsprechen, jährlich ohne Nutzeffect in der Luft verloren gehen. Es erleidet gar keinen Zweifel, daß der Nutzeffect der Brennmaterialien im Durchschnitt nur auf 25 bis 50 Procent gebracht werden kann, wodurch man eine Ersparung von $\frac{1}{3}$ an dem Verlust erlangen würde.

Zug durch die Essen. Der fast bei allen Heizapparaten angewendete Zug besteht in dem Uebergange des warmen Rauches in eine Esse, d. h. in dem Unterschiede des Gewichts der äußern Säule der kalten Luft, die schwerer ist, und zwischen der innern Säule der warmen Luft, welche, da sie leichter ist, sich mit einer Geschwindigkeit zu erheben sucht, die abhängig von diesem Temperaturunterschiede, von der Höhe, von dem Querschnitt und von der Beschaffenheit der Röhre ist, welche sie durchströmt. Dieser Zug veranlaßt demnach einen Wärmeverlust, um die Luftsäule, welche ihn hervorbringt, warm genug und in einer Temperatur zu erhalten, welche, wie die zu Wesserling angestellten Versuche bewiesen haben, nicht unter 350 bis 400 Grad betragen kann. Man sieht demnach, wie kostbar dieser Zug ist.

Andere Verfahrungsarten. Man hat, um den angegebenen Zug zu ersetzen, andere Ver-

fahrungsarten angegeben, von denen die hauptsächlichsten folgende sind:

1) Zug durch den Gewichtsüberschuß einer Säule von abgekühlter verbrannter Luft.

2) Zug durch den Trieb einer senkrechten Säule von einer rothen Flamme, die vor dem Abkühlungsapparat befindlich ist.

3) Zug durch einen Dampfstrom.

4) Zug, welcher durch ein mechanisches Verfahren, z. B. durch einen Ventilator, hervorgebracht worden ist.

Obgleich diese wichtige Frage hier nicht erörtert und entwickelt werden kann, sondern eine besondere Arbeit erfordert, so wollen wir doch mit wenig Worten ein Beispiel von einer jeden dieser Verfahrungsarten mittheilen.

Zug durch verbrannte abgekühlte Luft. Die Luft, welche zur Verbrennung gedient hat, enthält eine 7 bis 13 Procent betragende Kohlensäuremenge; da nun bei gleicher Temperatur die Kohlensäure schwerer als die Luft ist, so folgt, daß, wenn die Säule der verbrannten Luft, welche aus einem Ofen strömt, vollständig verbrannt war und alsdann in eine aufwärts steigende Esse gehen mußte, sie in derselben durch einen Gewichtsüberschuß niederfallen und einen ebenso bedeutenden Zug veranlassen würde, als durch das gewöhnliche Verfahren, jedoch weit wohlfeiler, weil hierbei fast die ganze Wärme benutzt werden kann, und weil der Zug um so besser sein wird, je vollständiger man sie benutzt. Herr d'Arcet hat dieses Verfahren mit dem besten Erfolg bei einem Zimmerofen angewandt, und da er es mit dem gewöhnlichen Verfahren verband, so bleibt gar kein Zweifel an seiner Vortrefflichkeit, sowie an seinem guten Erfolge. So kann man, z. B., den Rauch aus irgend einem Ofen in einer Säule von blecher-

nen Röhren aufwärts steigen lassen; darauf führt man diese Röhren in horizontaler Richtung durch Werkstätten oder Trockenkammern, um dieselben zu erwärmen, auf welchem Wege sich der Rauch vollständig abkühlt, worauf man ihn durch eine niederwärts gehende Esse bis zur Sohle des Gebäudes fallen läßt.

Wenn das angewendete Brennmaterial Holz ist, so wird der Rauch viel Wasser enthalten, etwa 0,4 Kilogramm in 1 verbrannten Kilogramme; der Apparat müßte alsdann so eingerichtet sein, daß dieses Wasser abfließen kann, indem es sich durch die Abkühlung der Röhren verdichten und zur Heizung dienen kann. Der durch dieses Verfahren veranlaßte ganze Wärmeverlust in Apparaten von guten Verhältnissen und von guter Einrichtung dürfte sich nicht auf mehr als 10 oder 15 Procent erheben.

Zug mittelst einer vor dem Kessel angebrachten Esse. Herr Péclet hat vorgeschlagen, die Esse vor dem Generator anzubringen, um auf diese Weise den Zug hervorbringen und darauf die durch die Verbrennung hervorgebrachte ganze Wärmemenge benutzen zu können. Man hat in dieser Beziehung einige Versuche gemacht, kam aber auf Schwierigkeiten, um eine gute Verbrennung zu erlangen; der Zug war vortrefflich und der Rauch strömte mit einer Temperatur von nur 60°, d. h. vollständig abgekühlt, aus. Wir glauben daher fest an einen guten Erfolg, obgleich wir nicht Gelegenheit gehabt haben, dieses Verfahren anzuwenden. Wir sahen einen großen Luftwärmofen in dem Erdgeschoß, der eine Trockenanstalt im zweiten Stock erwärmte, und dessen Rauchröhren, nachdem sie die senkrechte Höhe von zwei Etagen, ohne Windungen, durchschnitten hatten, der Länge nach durch die Trockenkammer auf mehr als 50 Meter gingen, so daß sich der Rauch fast

vollständig abkühlte, wobei der Zug aber sehr bedeutend war. Es finden hierbei fast dieselben Bedingungen statt, wie sie Herr Péclet vorgeschlagen hat, die ein sehr gutes Resultat gaben. Uebrigens werden wir weiter unten sehen, daß, wenn man Generatoren hinter Puddel- und Schweißöfen anbringt, jedoch weit von dem Heerde entfernt, man dieselbe Dampfmenge erhält, welche man durch einen directen Heerd erlangt haben würde.

Zug durch einen Dampfstrom. Dieses schon von den Alten benutzte und von Vitruv beschriebene Verfahren, um den Zug in den Essen zu verstärken, hat jetzt eine wichtige Anwendung bei den Locomotiven gefunden.

Herr Pelletan hat es mit Glück bei einem Apparat zur Erwärmung der Bäder angewendet, von welchem wir weiter unten reden werden. Es besteht dieses Verfahren darin, in die als Esse dienende Röhre und in der Richtung des Zuges einen Dampfstrom einzuführen, und zwar durch eine an ihrem Ende verengte Röhre. Dieser Strom gibt der Luftsäule, die er durchschneidet, eine seiner Stärke proportionale Geschwindigkeit.

Durch dieses Mittel kann der Heerd, indem er den Rauch vollständig abkühlt, die ganze Stärke seines Zuges beibehalten.

Bedingungen, unter denen dieses Verfahren von Nutzen ist. Es kann jedoch nur in zwei Fällen vortheilhaft angewendet werden: erstlich, wenn der Dampf, den man einbläs't, nichts kostet, wie der, welcher aus einer Maschine ohne Condensation kommt, und der nicht anderweitig benutzt werden kann; denn ohnedem würde diese Art des Zuges mehr kosten, als das gewöhnliche Verfahren in den Essen. Zweitens wenn, nachdem man auf diese Weise durch Einblasen von Dampf den Zug hervorgebracht

hat, man den Dampf zum Erwärmen von Wasser benutzen kann, wie dies in den Bädern von Vigièr geschehen ist.

Mechanischer Zug durch einen Ventilator. Bei diesem Verfahren wird der Rauchsäule die Geschwindigkeit durch einen Ventilator ertheilt, der entweder durch Dampf- oder Wasserkraft, oder durch Thier- oder Menschenkräfte bewegt wird.

Es ist dies das wohlfeilste Verfahren: wenn man die zur Verbrennung von 60 Kilogramm Steinkohlen in der Stunde, und die zur Production von 20 Pferdekräften erforderliche Luftmenge, d. h. 960 Cubikmeter Luft, durch einen Ofen strömen lassen will, so ist es hinreichend, die Kraft eines Menschen anzuwenden, d. h. den sechsten Theil einer Pferdekraft Dampf, die in verbrannter Steinkohle nur ½ Kilogramm in der Stunde kostet, während sich bei dem gewöhnlichen Verfahren die Kosten dieses Zuges auf 25 bis 30 Kilogramm Steinkohle belaufen.

Die zu erreichende Ersparung ist demnach bedeutend. Der Gang des Ofens wird durch nichts verändert. Die Herren Braithwaite und Ericson haben dieses Verfahren bei den Locomotiven angewendet, und in einer weiter oben mitgetheilten Tabelle sahen wir die guten Resultate, welche man dabei erlangt hat. Es wurde auch bei dem Kessel der Wasserhaltungs-Dampfmaschine bei dem Bau des Themse-Tunnels angewendet.

Der Ventilator ist demnach jedesmal, wenn man eine regelmäßige und wohlfeile mechanische Kraft zu seiner Disposition hat, das beste Mittel, um die verlorne Wärme der Essen zu benutzen, und nach unserer Meinung werden die besten Einrichtungen stets die sein, bei denen man, statt den ersten Heizappa-

rat nur zu vergrößern oder zu compliciren, man einen andern verschiedenen Apparat folgen läßt.

Zweiter Kessel in Folge des erstern. Eine sehr merkwürdige Beobachtung der Herren Roman u. Comp. zu Wesserling hat uns diese Ideen bestätigt, welche die Praxis veranlaßt hatte: daß nämlich zur Vermehrung des unmittelbaren Nutzeffects von dem Brennmaterial es hinreichend wäre, zu dem ersten Generator einen zweiten hinzuzufügen, und das zur Speisung des letztern bestimmte Wasser in jenen einzuführen. Es ist ganz klar, daß, wenn man drei Generatoren von hinlänglicher Länge anwendet und in die beiden letztern das zu benutzende Wasser zuvörderst gelangen läßt, und wenn man zu gleicher Zeit den Zug durch einen Ventilator verstärkt, damit er seine ganze Stärke behält, man ohne Mühe dahin gelangen wird, den Rauch fast gänzlich abzukühlen.

Erwärmung der Spinnerei zu Melun durch den Rauch. Herr Grouvelle hat dieses Verfahren schon im Jahre 1830 zur Erwärmung der Baumwollenspinnerei zu Melun angewendet. Die jährlichen Kosten für das zur Dampfheizung angewendete Brennmaterial beliefen sich auf etwa 3000 Franken. Er ersetzte die Dampfheizung in einem der Säle von 110 Meter Länge durch eine dünne blecherne Röhre von 0,19 Meter Durchmesser, welche bei ihrem Hin- und Zurückgange die ganze Länge des Saales durchlief. Es wurde ein Theil von dem Rauche einer Dampfmaschine von 30 Pferdekräften an dem obern Theile des letzten Canales, durch einen sehr geschwind umgehenden Ventilator angesaugt, und die Wärme in dem Saale wurde ohne Schwierigkeit auf 16 Grad gebracht und erhalten, selbst in kalten Wintertagen. Die Zerstörung dieser schönen Anstalt war die Veranlassung, daß diese Heizung

nicht vollständiger eingeführt werden konnte; jedenfalls ist sie aber sehr einfach und wohlfeil in ihrer Einrichtung und Benutzung.

Erwärmung eines Wasserbehälters durch den Rauch. Derselbe Ingenieur ließ den Rauch von einem Kessel von 10 Pferdekräften durch den Wasserbehälter der russischen Bäder zu Paris mittelst einer blechernen Röhre gehen (siehe die Einrichtung dieses Apparats in Fig. 11 u. 12, Taf. IX.)

Gibt man diesen Röhren eine hinlängliche Weite so gelingt es, ohne die geringste Veränderung des Zuges, das Wasser auf 35 oder 40° zu erwärmen.

Wir wollen noch einige Beispiele von der Benutzung der verlornen Wärme geben, und besonders von der, welche aus den Flammöfen der Hütten entweicht, indem man dadurch die Dämpfe zur Bewegung der Triebkraft dieser Maschinen erzeugt. Die Benutzung der verlornen Wärme der Brennmaterialien ist jetzt eine sehr wichtige Frage.

Dampfkessel, welche durch die Wärme der Puddel- und Schweißöfen gefeuert werden.

Erste Versuche dieser Art. Etwa seit dem Jahre 1830 suchte man die aus der Gicht der Hohöfen entweichende Wärme zur Erwärmung des Gebläsewindes für diese Hohöfen zu benutzen. Später machte man auch Versuche zur Verwendung der verloren gehenden Wärme dieser Oefen zur Verstärkung der Triebkraft, woran es den meisten Hütten fehlt. Die Nothwendigkeit, die Hütten in der Nähe der Erze und der Brennmaterialien anzulegen, ist sehr häufig ein Hinderniß, bedeutendere Wasserkräfte benutzen zu können, die auch noch außerdem im Sommer häufig so schwach werden, daß sie in der trockensten Jahreszeit häufig nur eine Kraft von 3 bis 4 Pferden geben, wenn sie in den Gluthzeiten oft

mehr als 60 oder 80 Pferdekräfte gewährt. Auf der andern Seite veranlassen Dampfmaschinen von 50 bis 60 Pferdekräften eine so bedeutende Ausgabe für Brennmaterialien, daß sie die Hütten gar nicht zu tragen vermögen. Es ist demnach die Benutzung der aus den Oefen entweichenden Flamme zur Feuerung der Dampfmaschinen eine sehr wichtige Betriebsquelle für die Hütten.

Die erste Anwendung von dieser Einrichtung scheint in der Hütte zu Imphy in Frankreich zur Feuerung eines Niederdruckkessels gemacht worden zu sein. Später wurden solche Einrichtungen mit einem mehr oder weniger guten Erfolge in sehr vielen französischen, belgischen und deutschen Hütten zur Feuerung von Nieder- und Hochdruckkesseln angewendet.

Einer von den Verfassern dieses Werkes hat auch eine solche Einrichtung bei einer Hochdruckdampfmaschine von 35 Pferdekräften zu Sionne in Frankreich gemacht, von welcher wir hier nähere Rechenschaft geben wollen. Die zu Sionne gestellte Frage bestand darin: eine gute Kesselfeuerung und eine rasche Dampfentwickelung von 5 Atmosphären zu erreichen, ohne dem Zuge und dem Betriebe der Oefen einen Nachtheil zuzufügen, ohne die Qualität der Producte zu verändern, und ohne die Kosten für Brennmaterial und hauptsächlich den Abgang zu erhöhen.

Von den Puddel- und Schweißöfen. Bei der Darstellung des Stabeisens nach der englischen Methode wendet man zwei Arten von Flammöfen an: die Puddelöfen, welche das Roheisen in Stabeisen verwandeln, und die Schweißöfen, in denen man das Puddeleisen und die zerschnittenen Rohschienen und Eisenstäbe, um sie der weitern Walzarbeit zu unterwerfen, schweißwarm macht.

Diese Oefen verbrauchen nicht dieselbe Brennmaterialienmenge; der mittlere Verbrauch der Pud-

delöfen beträgt 85 und der der Schweißöfen 100 bis 110 Kilogramm in der Stunde.

In den Puddelöfen wird die Hitze auch mehr benutzt, weil keine einfache Erhitzung, wie in den andern Oefen, sondern auch eine Zersetzung stattfindet. Dann wendet man auch zuvörderst die Flamme an, um die Roheisenstücke rothglühend zu machen, ehe man sie in den eigentlichen Puddelofen bringt; endlich müssen die Thüren des Puddelofens bei jedem Proceß auch wiederholt geöffnet werden.

Man wird begreifen, daß die Menge der Dämpfe, welche man durch die aus diesen Oefen entweichende Flamme erzeugen kann, nach der Beschaffenheit derselben, nach ihrem Brennmaterialverbrauch, sowie auch nach der verschiedenen Beschaffenheit der Brennmaterialien verschieden sein müssen. Jedoch lassen sich die Resultate stets vergleichen und man kann daher das an dem einen Orte befolgte Verfahren unter den erforderlichen localen Abänderungen sehr leicht an jedem andern Orte nachmachen.

Die gewöhnlichsten Verhältnisse der Puddel- und der Schweißöfen geben:

Für den Essen-Querschnitt, 40—45 Kilogramm Steinkohlen auf 10 Quadratdecimeter in 1 Stunde und für den Rostdurchschnitt den vierfachen Essendurchschnitt. Zu Sionne hat man wegen der schlechten Beschaffenheit von 1 Theil der Steinkohlen das Verhältniß des Rostes zu dem Essen-Querschnitt, in den Puddelöfen, auf 3½ vermindern müssen, um den Zug recht lebhaft zu machen; diese Roste haben fast 0,66 Quadratmeter, ihre Esse ohne Dampfkessel hat 0,44 Meter Länge und Breite, oder fast 0,20 Quadratmeter.

Die Essen der Schweißöfen hatten 0,25 Quadratmeter und der Rost 1 Quadratmeter.

Fuchs der Oefen. Bei'm Ausgange aus den Oefen und da, wo sie mit der Esse verbunden sind, ist stets eine Verengung vorhanden, der Fuchs genannt, von dessen Wirksamkeit man sich gehörig Rechenschaft geben muß. Obgleich dieser Fuchs die Verbindung des Ofens mit der Esse fast um die Hälfte vermindert, wenn man die Weite der Esse als Einheit annimmt, so ist er doch zu kurz, um einen wesentlichen Einfluß auf die Menge des in einer Stunde verbrannten Brennmaterials zu haben; sowie nach den sehr merkwürdigen Versuchen des verewigten d'Aubuisson, der Verschluß eines Ventils bei einer langen Leitung die Menge des ausströmenden Wassers um mehr als die Hälfte nicht wesentlich vermindert. Dieser engere Canal hat den Zweck, die Wärme zu concentriren und sie auf die Seitenwände und die Sohle zurückzuführen, die unter dem Strom der Flamme ist; eine unerläßliche Bedingung, um das die Höhle bedeckende Metall zu erhitzen. Ohne diesen Fuchs würde wirklich die ganze entwickelte Wärme über den Strom der Flamme gehen, wie dies bei den Dampfkesseln und andern Apparaten der Fall ist, und würde nur auf das obere Gewölbe wirken, statt das unten befindliche Metall, den einzigen Gegenstand der Arbeit, zu erhitzen, und es würde sofort in die Esse entweichen.

Unter den Dampfkesseln würde eine solche Verengung sehr schlecht sein; dort muß im Gegentheil die ganze Wirksamkeit auf die metallische Fläche über dem Feuer entwickelt werden, und weder auf die Seitenwände, noch auf die Sohle, indem alsdann die Ziegelsteinwände des Heerdes verbrennen, der Rost rothglühend werden und ein wesentlicher Verlust entstehen würde.

Dimensionen der Kessel. Der erste Punct würde darin bestehen, die Dimensionen der anzu-

wendenden Kessel zu bestimmen. Da über diesen Gegenstand bekannte Resultate fehlen, so hat es Herr Grouvelle für zweckmäßig erachtet, den anzuwendenden Kesseln eine große Oberfläche zu geben, indem dieselben nicht die unmittelbare Einwirkung des Feuers über dem Heerde aufnehmen, und demnach nicht eben soviel Dampf auf jedes Quadratmeter produciren können. Demnach hat er einer Maschine von 30 Pferdekräften einen Kessel von 50 Pferdekräften gegeben, und diese überflüssige Oberfläche hat, weit entfernt, dem Zuge zu schaden, wie wir sehen werden, vielmehr vortreffliche Resultate gegeben. Es sind die Kessel vertheilt und bei einem Schweißofen hat man einen Kessel von 20 Pferdekräften und bei den Puddelöfen einen solchen von 15 Pferdekräften angebracht.

Diese großen Kessel haben noch einen andern Vortheil; sie können, wenn die Maschine angehalten wird, in den Zwischenzeiten einen Theil des producirten Dampfes aufbewahren, und es braucht daher nicht eine zu große Menge in die Luft zu entweichen. Man wird weiter unten sehen, daß man die Dimensionen der Kessel noch erhöhen kann.

Von dem Ofen. Die Frage, welche sich auf die Construction des den Kessel umgebenden Ofens bezieht, ist ebenfalls gelös't worden. Wenn die Flamme des Ofens unter den Dampfkessel gelangt, der sogleich hinter ihm angebracht worden ist, so wirkt sie und kühlt sich ab, ebenso, als wenn sie durch einen Heerd hervorgebracht worden wäre, der unmittelbar unter dem Kessel angebracht worden ist, jedoch mit einer etwas geringern Stärke der Heizkraft. Der Rauch verhält sich während seiner Circulation um den Kessel, sowie in der Esse, wohin er sich begibt, wie bei den gewöhnlichen Umständen des Rauchs der Dampfkesselöfen, von denen wir die Gesetze der Construction entwickelt haben. Man muß daher den Ca-

nälen um den Kessel, und dem Theil der Esse, welche den Canälen folgt, größere Dimensionen geben, als die sind, welche der Ofen allein erfordern würde, und gleich denen, welche dieselbe Brennmaterialmenge, unmittelbar unter dem Kessel verbrannt, verlangen würde. Es wird alsdann keine von den Bedingungen eines guten Zuges, eines bestimmten Verbrauchs und eines guten Betriebes, weder für den Ofen, noch für den Kessel, verändert werden.

Canäle und Esse. Die Dimensionen der Canäle um den Kessel und der darauf folgenden Esse sind demnach in dem Verhältniß von wenigstens 0,10 Quadratmeter Querschnitt auf eine stündliche Verbrennung von 30 bis 35 Kilogramm Steinkohle regulirt worden; während, wie wir sahen, die Essen der Oefen allein, bei gleichem Querschnitt, auf 40 bis 45 Kil. Steinkohle in der Stunde regulirt waren.

Directer Uebergang zu der Esse. Man hat dafür Sorge getragen, einen directen Uebergang anzubringen, um die Flamme des Ofens in die Esse strömen zu lassen, wenn man den Kessel nicht feuern will. Dieser Canal und der auf ihn folgende Theil der Esse haben das alte Verhältniß von 0,10 Quadratmeter auf 40 Kilogramm Steinkohlen in der Stunde beibehalten, so daß die Esse ebenfalls zwei verschiedene Querschnitte hat: die eine, geringere, unten, in dem ganzen Theil, welcher den Ofen mit der noch rothglühenden Flamme bedient; der andere, größere, von dem Puncte ausgehend, wo der zum Theil erkaltete Rauch eintritt, der unter den Kesselcanälen circulirt hat.

Nothwendige Erweiterung der Canäle in dem Maß, daß der Rauch erkaltet. Je weiter eine Flamme von dem Heerde, in welchem sie sich entwickelt hat, entfernt ist, je mehr sie leistet, und je mehr sie demnach abgekühlt

ist, desto weiter muß man die Canäle machen, um die Verminderung der Geschwindigkeit durch eine Vermehrung des Querschnittes auszugleichen und stets denselben Zug beizubehalten. Es ist das Grundprincip bei der Construction der Dampföfen, welche die Flamme der Puddel- und Schweißöfen benutzen.

Die zu Sionne gemachten Erfahrungen bei diesen Oefen und die dadurch herbeigeführten geringen Veränderungen haben bewiesen, daß es von Nutzen sei, die Querschnitte noch etwas zu vergrößern, und haben bewiesen, daß unter 0,28 Quadratmeter für die Puddelöfen, d. h. bei 30 Kilogramm auf 0,10 Quadratmeter, der Zug und die Leistung stets hinreichten. Endlich hat man dadurch die ganze Wichtigkeit des aufgestellten Grundprincips erkannt.

Man hat im Allgemeinen jetzt zwei Systeme der mit Flammöfen verbundenen Dampfmaschinen-Kessel, liegende und stehende. Das erstere System rührt von Herrn Grouvelle her.

Einzelne Theile eines Ofens. Wir wollen jetzt in einige Details über die Construction eines Ofens mit Kessel eingehen, welcher bei einem Puddelofen angebracht worden ist, bei dem die Flamme, da sie bei ihrem Ausströmen keine so hohe Temperatur hat, als bei den Schweißöfen, eine größere Sorgfalt erfordert, damit der Betrieb des Ofens durch den des Kessels nicht leidet (Taf. VIII, Fig. 7, 8, 9, 10, 11 und 12.)

Die vorhergehenden Betrachtungen haben die Veranlassung gegeben, den Querschnitt der Canäle und der Esse gleich 0,32 Quadratmeter zu machen, d. h. 27 Kilogramm Steinkohle auf 0,10 Quadratmeter; die Sieberöhren sind 0,28 über der Sohle des Ofens angebracht, und man hat diesem erstern Canal a eine Breite von 1,20 Quadratmeter gegeben, um der aus dem Puddelofen b ausströmenden

Flamme eine rasche Entwickelung zu geben. Diese Vermehrung trifft nur die Breite allein, und zwar nach und nach in dem Maße, daß die Flamme unter den Siederöhren c vorrückt; was nun die Höhe von 0,33 Meter bei'm Ausgang aus dem Ofen betrifft, so ist sie durch Senkung des Gewölbes e auf 0,33 Meter vermindert.

Wenn man, statt nur die Höhe des Gewölbes zu vermindern, zu demselben Resultate gelangt wäre, wenn man die Sohle f mittelst eines Fuchses erhöht hätte, so würde die Flamme wie ein Löthrohr auf den Kesselboden gewirkt und würde ihn verbrannt haben.

Ereignisse dieser Art sind häufig genug bei den mit verlorner Flamme gefeuerten Oefen, wenn man zum Einströmen der Flamme unter die Siederöhren ähnliche Vorrichtungen anwendet.

Der Kessel g hat eine solche Lage, daß die Oeffnung h der Siederöhren auf der entgegengesetzten Seite von der Esse i befindlich ist, so daß die Siederöhren aus dem Ofen heraustreten und leicht geöffnet und gereinigt werden können.

Nachdem die Flamme der Sohle ihrer ganzen Länge nach gefolgt ist, strömt sie unter den Siederöhren weg, durch die beiden Seitenöffnungen k, k' unter den Kessel; ihre Theilung in zwei Ströme läßt sich durch die kleine, keilförmige Mauer l, die mitten zwischen den Siederöhren steht, leicht bewirken.

Die Dimensionen dieser Canäle l sind: 0,33 auf 0,60 Meter. Diese Erweiterung der Canäle hat den Zweck, die vermehrte Reibung und die unvermeidliche Verminderung der Geschwindigkeit durch die Theilung und Windung der Flamme auszugleichen. Die Erfahrung hat die Wichtigkeit dieser Einrichtung bewiesen.

Die dem Kessel ertheilte umgekehrte Lage, um die Oeffnungen h der Siederöhren an dem Hintertheile des Ofens zu lassen, und damit die Flamme an derselben Seite ein= und ausströmt, welche Seite der Oeffnung der Siederöhren entgegengesetzt ist, führt diese Flamme unter den Siederöhren und dann unter dem Kessel weg. Statt den Canal unter dem Kessel in zwei zu theilen, hat man ihn in einem einzigen m vereinigt, welches mehr Heizoberfläche und weniger Reibung gibt. Um nun diesen Durchschnitt gleichförmig zu machen, hat man hinter und unter dem Kessel eine kegelförmige Mauer n angebracht, ähnlich der, welche unter den Siederöhren befindlich ist; ihr Zweck ist der, daß sie den Raum, der sich in diesem Theile befindet, vermindert, den Rauch in der Richtung des Stroms, dem er folgen muß, fortfährt. Hier beträgt der Durchschnitt 0,42 Quadratmeter; man ist nach und nach dahin gelangt, und man hat dieselben Weiten auch um den Hälsen der Siederöhren und bis zu dem obersten Puncte der Esse i beibehalten.

Esse. Diese Esse ist dieselbe des Ofens; ihre Höhe beträgt 12 bis 13 Meter. Diese Höhe ist mehr als hinreichend, selbst mit dem Kessel, und damit, wie wir schon bemerkt haben, eine und dieselbe Esse nach Belieben den Ofen allein, oder den Ofen und den Kessel in seiner Folge, bedient, gibt man ihr unten bei o einen Querschnitt von 0,20 Quadratmeter, der für den Flammofen erforderlich, und höher hinauf bei i dem von 0,40 bis 0,42 Quadratmeter, welcher für den Kessel g erforderlich ist.

Wirklich erfordert der Betrieb des Ofens oder ein Stillstand der Maschine, daß man die Ofenflamme unmittelbar der Esse zuführen könne. Zu dem Ende hat man in dem untern Theil der Esse o zwei Register p und q angebracht, die aus einem guß=

eisernen Rahmen oder Kasten bestehen, welcher auf der einen Seite offen und auf der dem Feuer ausgesetzten Fläche mit Ziegelsteinen ausgesetzt ist. Das eine, p, hat den Zweck, die Verbindung des Ofens mit der Esse zu verschließen, wenn die Flamme unter die Sieseröhren r strömen soll, und die andere q, um diese letztere Verbindung zu unterbrechen, wenn die Flamme unmittelbar in die Esse geführt werden soll.

Bei den Schweißöfen hat man ähnliche Einrichtungen gemacht, indem man die weit größere Brennmaterialmenge berücksichtigte, welche in demselben verbraucht wird, und folglich den Querschnitt unter den Sieseröhren vergrößerte.

Resultate. Indem man auf diese Weise den Kesseln große Dimensionen gab, und bei der Einrichtung der Canäle die gehörige Sorgfalt und die zweckmäßigsten angegebenen Verhältnisse anwendete, erhielt man ein sehr merkwürdiges Resultat. Bei den Schweißöfen verhält sich die Menge des producirten Dampfes zu den Steinkohlen fast ebenso, als wenn man das Brennmaterial unmittelbar unter dem Kessel verbrannt hätte. Bei den Puddelöfen ist die in denselben verbrauchte Wärme etwas bedeutender. Wirklich erhält man mit den Schweißöfen regelmäßig von 1 Kilogramm auf dem Roste verbrannter Steinkohle 4 bis 5 Kilogr. Dampf von 5 Atmosphären.

Production der beiden Arten von Oefen. Man erhält demnach von einem Schweißofen, der 110 Kilogr. Steinkohle in der Stunde verzehrt, etwa 520 Kilogr. Dampf, und von einem Puddelofen, der 90 Kilogr. Steinkohlen auf dem Roste verbrennt, fast 300 Kilogr. Dampf, welches bei erſterm einer Arbeit von 25 und bei letzterm einer Arbeit von 15 Pferdekräften entspricht, indem man 20

Kilogr. Dampf auf 1 Pferdekraft in einer Maschine mit Expansion, aber ohne Condensation, rechnet. Die Kraft wird 30 bis 35 Pferde für die erstern und 20 Pferde für die zweiten betragen, wenn die Maschine mit Condensation mit Expansion arbeitet und in der Stunde nur 15 Kilogr. Dampf verbraucht. Es ist demnach gewiß, daß die durch die verlorne Hitze der Puddelöfen gefeuerten Dampfkessel 16—18 Pferdekräfte, und die von den Schweißöfen gefeuerten 25 bis 30 Pferdekräfte haben werden.

Jedoch könnte die Maschine einen noch weit bedeutendern Nutzeffect vorbringen, da die mechanische Bearbeitung des Eisens intermittirend, die Dampfbildung aber ununterbrochen ist. Wir dürfen annehmen, daß zwei Schweißöfen, in denen verschiedene Eisensorten ausgeschweißt werden, Dampf in hinreichender Menge für ein Stabeisenwalzwerk geben, sowie der Puddelofen ebenfalls hinreichend ist, um einen Zängehammer und ein Puddelwalzwerk in Betrieb zu setzen.

Wir haben gesagt, daß der Betrieb der Walzwerke ein ununterbrochener und die Dampfproduction ununterbrochen sei; man wird demnach einsehen, daß ein häufiger Dampfverlust stattfindet. Vergrößert man das Volum des Kessels, so erlangt man eine bedeutendere Heizoberfläche und folglich eine bessere Benutzung des Brennmaterials; allein dieser Kessel könnte, wenn man nicht eine unnütze Räumlichkeit haben will, nicht als hinreichender Dampfbehälter dienen, und könnte folglich nicht den in jedem Augenblick erfolgenden Dampfverlust verhindern. Um diesen Fehler zu vermeiden, der von Wichtigkeit ist, wenn man nicht eine hinlänglich große Reihe von Oefen feuert, um einen ununterochenen Betrieb zu haben, müßte man eine Maschine mit einem großen Cylinder haben, die mit einer veränderlichen Expan-

sion betrieben werden kann, sowie auch Kessel, die einen sehr hohen Druck aushalten können, um den Dampf zusammenzupressen, statt ihn zu verlieren. Es würde dies jedoch, in Beziehung auf eine ökonomische Dampferzeugung, fast stets mehr Nachtheile, als Vortheile gewähren.

Hülfsheerde. Unter dem einen Kessel zu Sionne haben wir, wie die Figg. 1 u. 2 zeigen, einen Rost r mit Hülfsheerd angebracht, den man feuern und sich auf diese Weise der Maschine auch dann bedienen kann, wenn der Flammofen nicht im Betrieb ist. Es ist alsdann hinreichend, die auf dem Roste liegenden Ziegelsteine wegzunehmen und die Verbindung mit dem Ofen durch das Register q abzuschließen.

Bei dem ersten Inbetriebsetzen der Dampfkessel zu Sionne wirkte der Schweißofen ebensogut, wie vorher; allein die Puddelarbeit wurde verzögert und die Qualität der Producte etwas verändert; jedoch verschwand dieser letztere Fehler gänzlich, als der Puddelmeister einige geringe Veränderungen in der Leitung des Feuers und bei dem Puddeln selbst vorgenommen hatte; um aber der Puddelarbeit ihre gehörige Lebhaftigkeit wiederzugeben, mußte der Fuchs etwas erweitert werden. Die Verengung des Ofens, da, wo die Flamme aus demselben ausströmt, hat den Zweck, einen Widerstand herzustellen, welcher die Erhitzung der Sohle des auf derselben befindlichen Metalles bewirkt; bringt man nun hinter dem Ofen einen Kessel an, so bewirkt man einen zweiten Widerstand, und wenn man den der engen Fuchsöffnung zuzuschreibenden nicht vermindert, so ist die Wirkung dieser beiden vereinigten Widerstände zu stark und der Ofenbetrieb wird verzögert. Wäre dagegen der Zug der Esse zu stark, so müßte man den Querschnitt des Fuchses vermindern.

Neuerlich sind auf sehr vielen Hütten in England und auf dem Festlande die in Fig. 13, Taf. **VIII.** im senkrechten Durchschnitte dargestellten Kessel angewendet worden. Zu beiden Seiten des Kessels sind entweder zwei, oder besser noch, vier Puddel- oder Schweißöfen vorhanden.

In dem Innern des Kessels erhebt sich eine senkrechte blecherne Röhre l und läuft in den unterirdischen Canal N aus, welcher zu der allgemeinen Esse führt. Oben sind mit der Röhre l zwei oder vier andere blecherne Röhren h verbunden, von denen eine jede die Flamme von einem Puddelofen aufnimmt.

Das den Kessel umgebende Mauerwerk ist cylindrisch, erhebt sich aber nur etwas über die Hälfte der Höhe des Kessels. Im Innern besteht das Mauerwerk aus feuerfesten, äußerlich aus gewöhnlichen Ziegelsteinen und ist mit eisernen Bändern umgeben. Zwischen dem Kessel und seinem Ofen ist ein leerer Raum vorhanden, durch den die Flamme strömt, ehe sie in den Cylinder des Kessels geht. Die Register r dienen dazu, um den Zug eines jeden Ofens für sich zu reguliren.

Kessel, die über den Oefen angebracht sind. Die zu Sionne vorhandenen Kessel sind hinter den Oefen und deren Essen angebracht; wenn aber örtliche Verhältnisse dies nicht gestatten, so bringt man die Kessel über den Oefen und auf gußeisernen Säulen an, und sorgt dafür, dem Ofen eine feste Verbindung zu geben.

Die Flamme entweicht alsdann aus dem obern Theile des Ofens und gelangt unter die Sieceröhren; allein man muß dafür sorgen, die Flamme nicht unmittelbar unter die Röhren zu leiten, indem deren Spitzen wie Löthröhre wirken und das Blech sehr schnell durchbohren. Man vermeidet diesen Nach-

theil, indem man die Flamme unter ein Gewölbe von Ziegelsteinen **a** (Fig. 12, Taf. VIII.), welches sie reflectirt, und horizontal unter die Siederöhren führt, ebenso, wie es bei den Kesseln der Fall ist, die in einer Reihe mit den Oefen liegen. Auf der französischen Hütte Montataire hat man Kessel dieser Art mit sehr großen Oberflächen vorgerichtet, welche zwei Maschinen von etwa 70 Pferdekräften speisen.

Wenn man in einer Eisenhütte eine Dampfmaschine mit Kesseln über den Oefen errichtet, so muß man dafür sorgen, einen Apparat anzubringen, der den Kessel bei'm Stillstande der Maschine speis't. Dieser Apparat muß entweder ein blecherner Cylinder sein, um mit Druck zu speisen, wie in Fig. 14, Taf. VII, der hinreichende Dimensionen hat und mit jedem Kessel in Verbindung steht, oder der Apparat muß aus einer Speisepumpe bestehen, die durch eine kleine Dampfmaschine bewegt wird, wie man sie am Bord der Dampfböte und an manchen Locomotiven hat. Condensirt die Maschine nicht, so ist es zweckmäßig, den Dampf zur Erwärmung des Speisewassers anzuwenden, um die Abkühlung der Kessel zu vermeiden.

Kurz, mit der erforderlichen Sorgfalt kann man die Dampfkessel in den Eisenhütten hinter oder über den Flammöfen anbringen, ohne deren Betrieb zu stören, ohne ihre Production zu verändern, oder ohne den Abgang zu vermehren. In diesen Kesseln entwickelt sich sehr rasch Dampf von 5, 6 und 7 Atmosphären, und zwar kann man seine Production für einen Flammenofen zu 15 und für einen Schweißofen zu 25 Pferdekräften annehmen.

Dampfkessel, die auf der Gicht der Eisenhohöfen angebracht sind. — Neuerlich hat man die aus der Gichtöffnung der Holzkohlenhohöfen

entweichende Flamme hin und wieder auch zur Feuerung von Dampfkesseln angewendet, deren Maschinen das Gebläse betreiben. Eine solche Einrichtung findet man z. B. bei dem Hohofen zu Niederbronn im Elsaß, wo eine Woolf'sche Maschine von 12—15 Pferdekräften, welche das Gebläse betreibt, auf diese Weise gespeis't wird. Nach den Versuchen, welche in der Absicht angestellt worden sind, um die Wärmemenge zu messen, welche dazu benutzt wird, den Dampf von $2\frac{1}{2}$ Atmosphären Druck zu produciren, haben die 200 Kilogr. Holzkohlen, welche in einer Stunde verbrannt werden, wenigstens 284,700 Wärmeeinheiten producirten Dampf gegeben, d. h. einen Nutzeffect von 20 Procent und eine Kraft von wenigstens 20 Pferden.

Benutzung des Dampfes, der bei einer Maschine ohne Condensation verloren geht. Wenn die Localverhältnisse die Anwendung einer Maschine ohne Condensation erfordern, so ist der Brennmaterialienverbrauch 40—50 Procent höher, als mit Condensation, und es geht mit dem Dampfe, welcher bereits als Triebkraft benutzt worden ist, eine bedeutende Wärmemenge verloren, welche man noch sehr zweckmäßig benutzen kann. Bei einer Maschine von 30 Pferdekräften und bei einem Preise von 4 Fr. die 100 Kilogr. Steinkohlen, hat der verlorne Dampf einen Werth von 1500 Kil. Steinkohlen oder von 60 Fr. täglich.

Erwärmung des Speisewassers. Die Erwärmung des zur Speisung des Dampfmaschinenkessels oder zu jedem andern Gebrauche, wie Bleichen, Färben 2c., ferner zur Erwärmung der Werkstätten, der Trockenräume 2c. bestimmten Wassers, ist die erste sich darbietende Benutzung. Ein gut eingerichteter Apparat kann die ganze verlorengehende Wärme sammeln, ohne den Betrieb der Maschine im

Geringsten zu stören, und ohne dem Kolben einen Gegendruck zu geben.

In jedem Ofen, der zur Dampferzeugung bestimmt ist, wird etwa $\frac{1}{6}$ von dem Brennmaterial dazu benutzt, um das Wasser, welches man dem Kessel kalt zuführt, auf 100 Grad zu erwärmen. Die Apparate, von denen wir die Beschreibung mittheilen, erwärmen es auf 90 Grad, und da das kalte Wasser nach einer Durchschnittszahl im Jahre in gemäßigteren Klimaten 12 Grad hat, so folgt daraus, daß die Ersparung etwa $\frac{1}{9}$ beträgt.

Der erste sich darbietende Gedanke ist der, das Wasser unmittelbar zu erhitzen, indem man in demselben den Dampf verdichtet; allein, wenn man die Dampfröhre in das Wasser führt, so gibt man Veranlassung zu einem Drucke, welcher die Maschine belastet. Wenn man aber dagegen den Dampf auf die Oberfläche des Wassers strömen läßt, so erwärmt man dessen ganze Masse weder gleichmäßig, noch schnell, weil das warme Wasser, als das leichtere, auf der Oberfläche bleibt, und die unteren Schichten gegen die Einwirkung des Dampfes hindert. Die Erwärmung ist weit vollständiger und gleichartiger, wenn man den Dampf durch einen metallischen Mantel wirken läßt.

Wir kommen weiter unten auf den Hall'schen Condensator zurück, welcher nach diesem Princip eingerichtet ist.

Schlechte Einrichtung der Apparate. Der Zweck, den sich einige Maschinenbauer bei Apparaten dieser Art vorgesteckt haben, besteht darin, die Oberflächen bedeutend zu vermehren, und ebenso die Längen, welche Wasser und Dampf durchlaufen, um den von dem Apparat eingenommenen Platz zu vermindern. Jedoch sind dadurch die Einrichtungen ganz nutzlos verwickelt, die Verbindungen erschwert und

Störungen erleichtert worden; und da sie das kalte Wasser mittelst der Speisepumpe gedrückt haben, um es zu erwärmen und um es unmittelbar in die Kessel zu führen, so folgen daraus wiederholte Stöße und häufige Brüche, die unvermeidlich durch den Widerstand von 5—6 Atmosphären Druck bewirkt werden, der in den Generatoren reagirt.

Anzunehmende Einrichtungen. Anstatt demnach das Wasser in den Erwärmungsapparat und gegen den Druck der Kessel einzudrücken, muß man es dort erwärmen, indem man es aus einem höher liegenden Behälter hineinfallen läßt; darauf saugt man es mittelst der Speisepumpe an und führt es ohne Stöße und ohne Umwege den Kesseln zu. Es ist nothwendig, daß der Apparat, oder wenigstens der Behälter, 6—10 Fuß über der Pumpe liegen, damit der Druck dieser Wassersäule die Ventile heben kann, welche sich nicht öffnen würden, wenn die Pumpe genöthigt wäre, von Unten nach Oben fast kochendes Wasser anzusaugen, weil, wenn der Pumpenkörper mit Wasser von 60 oder 80 Grad angefüllt ist, der Dampf, den dieses Wasser bei jedem Kolbenzug entwickelt, hinreichend ist, um die Räumlichkeit des Pumpenkörpers zu füllen und folglich die Bildung der Luftleere und die Steigung des Wassers verhindert. Bei diesen Einrichtungen wird jeder Stoß und jeder Bruch vermieden.

Jedoch ist es immer besser, sehr einfache, leicht zu erbauende, aufzustellende und zu reparirende Apparate anzuwenden. Der beste scheint uns eine doppelte Röhre zu sein (Taf. VIII, Fig. 4), von denen die eine, die innere **a**, aus Kupfer und die andere äußere, **b**, aus Gußeisen besteht. Der Dampf strömt in die Centralröhre **a**, der man einen großen Durchmesser und hauptsächlich eine große Länge ertheilen muß, zuvörderst, damit die sich abkühlende Oberfläche

hinreichend sei, aber hauptsächlich, daß das Ausströmen des Dampfes und der Betrieb der Maschine nicht gehindert werden; aus demselben Grunde rundet man alle Knie ab und vermeidet alle Verengungen.

In der äußern Röhre **b** circulirt das Wasser, welches erwärmt werden soll; man führt es kalt an dem einen Ende ein, und zwar mittelst einer Röhre **c**, die von dem Behälter herabkommt, und nachdem es zwischen den beiden Röhren in entgegengesetzter Richtung von dem Dampfe circulirt und sich erwärmt hat, saugt es die Speisepumpe mittelst ihres Saugerohrs **d** an, welche von der gußeisernen Röhre **b** abläuft.

Der Apparat, von welchem wir hier die Skizze mittheilen, und welcher zu gleicher Zeit den Zweck hat, das Wasser für das Bleichen von Leinwand und für die Erwärmung der Werkstätten und eines Trockenraums zu erhitzen, ist von Hrn. Grouvelle für die Flachsspinnerei zu Gerville, im Departement der untern Seine, eingerichtet und aufgestellt. Die Reihe von Berechnungen, welche erforderlich war, um den Apparat nach guten Verhältnissen einzurichten, sowie seine von speciellen Zeichnungen begleiteten Beschreibung, werden hinreichend sein, ihn ohne Mühe auszuführen und um die Dimensionen und seine Benutzung verändern zu können.

Verhältnisse des Apparats. Die Dampfmaschine der Flachsspinnerei zu Gerville ist eine Hochdruckmaschine ohne Condensation. Die Tiefe von 120 Meter, aus welcher man das Wasser heben muß, verhindert die Condensation, indem die Hebung der dazu erforderlichen Menge (Anhang, Anmerk. Nr. 10), d. h. 4 Liter in der Secunde, 10 Pferdekräfte absorbirt haben würde.

Der Verbrauch der Steinkohlen, der zu 126 Kilogr. in der Stunde angenommen worden ist, producirt 625 Kilogr. zu benutzenden Dampf, und erfordert eine gleiche Menge auf 100 Grad erwärmtes Wasser zur Speisung des Kessels, welches die Condensation von 120 Kilogr. Dampf erfordert.

Nun weiß man, daß 1 Quadratmeter Kupfer in einem Schlangenrohre, welches der Abkühlung eines äußern Wasserstroms ausgesetzt worden ist, in einer Stunde 150 Kilogr. Dampf verdichtet; da wir aber den Dampf nicht mittelst eines großen Wasserstroms condensiren, sondern eine geringe Wassermenge mit einem Ueberschusse von Dampf bis auf 90 oder 95 Grad erwärmen wollen, so ist es zweckmäßig, die Heizoberfläche zu verdreifachen. Herr Grouvelle hat eine Röhre (Taf. VIII, Fig. 3 und 4) von 0,10 Meter Durchmesser angenommen, die von drei gußeisernen Röhren von 0,16 Meter innern Durchmesser und jede von 2,60 Meter Länge, welches eine Oberfläche von 2,40 □Meter gibt, umgeben ist. Eine größere Länge würde besser sein.

Man wird bemerken, daß man die Säule der gußeisernen Röhre b, wegen der örtlichen Verhältnisse, in zwei Längen getrennt hat, um zu zeigen, wie man sie einrichten muß, um nicht zu große Längen von ununterbrochenen kupfernen Röhren a zu haben. Das kalte Wasser kommt aus einem obern Behälter mittelst der Röhre c in den doppelten gußeisernen Mantel, circulirt in entgegengesetzter Richtung von dem Dampfe, wie es die Pfeile andeuten, geht durch die Röhre e von der einen gußeisernen Röhre in die andere und gelangt endlich zu der Saugröhre d, welche es warm zu der Speisepumpe f führt. Man wird bemerken, daß die Verbindungsröhre e und die Saugröhre d mit dem obern

Theile der gußeisernen Röhre b verzweigt sein müssen, weil dort das Wasser am Stärksten erhitzt ist.

Die Verbindungen dieser kupfernen Röhren erfolgen mit Schrauben und mit Bügeln, welche nur sehr kleine Ränder erfordern und kein Hinderniß bilden, daß diese Röhre durch die Röhre von 0,16 Meter Durchmesser geht, und daß das Wasser darin circulirt. Diese innere Röhre a ist mit der gußeisernen Röhre b am Ende h verbunden, und zwar mittelst eines kupfernen Halses und mittelst Schraubenbolzen und am andern Ende i durch eine Stopfbüchse, welche über die kupferne Röhre greift und mit der gußeisernen Röhre durch Schraubenbolzen verbunden ist. Das Anziehen der mit Talg geschmierten Stopfung ist hinreichend, um das Entweichen von Wasser zu verhindern. Man darf nicht vergessen, eine kleine Röhre k von 3 Centimeter Durchmesser am tiefsten Puncte der Dampfröhre a anzubringen, um den Abfluß des sich verdichteten Wassers zu veranlassen und es entweder zur Speisung des Kessels zu sammeln, zu welcher es wegen seiner Reinheit sehr zweckmäßig ist, oder zu jedem andern Gebrauch.

Erwärmung der Werkstätten durch Wasser, welches durch Dampf in Circulation gesetzt worden ist. Derselbe Ingenieur hat dasselbe System angenommen, um eine Heizung durch Circulation des Wassers für die Spinnerei einzurichten, und zwar hat er dabei ein ihm eigenthümliches Verfahren angewendet, welches das der Wassercirculation durch Dampf ist (Fig. 1, 2, 3 und 5, Taf. VIII.).

Er verlängert die Röhre a, durch welche der Dampf entweicht, mit demselben Durchmesser von 0,10 Meter, und führt sie durch einen unterirdischen Canal bis an das Ende des Fabrikgebäudes. Von

dort aus läßt er sie bis zu dem Forste des Gebäudes m steigen, indem er diese ganze steigende Säule durch Schrauben (Fig. 6), die eine geringe Dicke haben, verbindet. Auf diese Weise kann er die kupferne Röhre leicht durch eine gußeiserne n von 0,19 Meter Durchmesser gehen lassen, welche jene ihrer ganzen Länge nach umgibt, und so, daß die Circulation des Wassers, welches diesen Mantel ausfüllt, durch diese Verbindung nicht behindert wird. Die kupferne Röhre a wird an gewissen Puncten durch zwei kleine, dünne Bügel mit Schrauben, welche in den Hälsen der äußern Röhren enthalten sind, an ihrem Platz erhalten. Die gußeiserne Röhre n ist an den Mauern des Gebäudes durch Ringe mit Schrauben o befestigt.

Der, dieser gußeisernen Röhre ertheilte, weit größere Durchmesser hat den Zweck, zu gleicher Zeit eine weit größere Wassermasse zu erhitzen und eine lebhaftere und leichtere Circulation zu bewirken.

Dieser senkrechte Heizapparat n ist in jedem Stockwerke mit einer horizontalen Reihe von Röhren p, p,' p'' verzweigt, die 0,16 Meter weit und sehr sorgfältig miteinander verkittet und zusammengeschraubt sind. Am andern Ende des Fabrikgebäudes sind sie mit einer senkrechten Röhre q verbunden, in welcher das Wasser niederfallen muß, nachdem es die Heizsäulen der Werkstätten durchströmt hat.

Die Röhrenreihe p des untern Stockwerks verbindet sich endlich mit dem untern Puncte der senkrechten Röhre n, um das abgekühlte Wasser zurückzuführen. Hähne, r, r,' r'' dienen dazu, um die Heizung zu reguliren und zu mäßigen und um sie zwei Sälen auf einmal zuzuführen. Diese horizontalen Röhrenreihen sind an den Decken durch Bänder von Eisendraht und durch einen eisernen Halbkreis aufgehängt. Diese sehr wohlfeile und dauerhafte Be-

festigung gewährt den Vortheil, den Röhren jede Ausdehnung zu gestatten.

Gang des Apparates. Wenn nun diese Einrichtungen getroffen sind, so ist der Gang des Apparates der folgende: Das in der aufsteigenden Säule n enthaltende Wasser wird durch den Dampf, welcher in der kupfernen Röhre circulirt, erwärmt. Ein an der letzteren angebrachtes kleines Ventil u gestattet selbst, ihn durch einen geringen Druck aufzuhalten. Indem sich dieses Wasser erwärmt, wird es leichter, nimmt folglich eine aufsteigende Bewegung an, und nachdem es in der 0,19 Meter weiten gußeisernen Röhre emporgestiegen ist, strömt es in die beiden horizontalen Röhren p,′ p″ der beiden obern Stockwerke, durchströmt sie ihrer ganzen Länge nach und setzt dort die Wärme ab, welche es von dem Dampf erlangt hatte. Indem es kalt wird, erlangt es eine größere Schwere und fällt nothwendig durch die andere senkrechte Säule q herab; alsdann durchläuft es in entgegengesetzter Richtung die Röhre p des untersten Stockwerks und tritt an dem untern Puncte der Hauptwärmröhre n zurück, um sich dort wieder zu erwärmen und dieselbe Circulation zu beginnen, die, wie es die Pfeile andeuten, durch die aufsteigende Kraft der Ausdehnung und der geringern Schwere des erwärmten Wassers ohne Unterbrechung fortgeht.

Mittelst der beiden Hähne r′ und r″ der beiden Röhren in den beiden obersten Stockwerken, regulirt man die Circulation in denselben auf solche Weise, daß sie in beiden Stockwerken gleichzeitig erfolgt, und daß die Erwärmung gleich ist. Man kann auch, indem man den Hahn des mittlern Stockwerks verschließt, nur das unterste und das oberste erwärmen.

Hat man 4 Stockwerke zu erwärmen, so wird es gut sein, eine fortwährende Circulation einzurichten, indem man das abgekühlte Wasser nur dann in die Heizröhre zurückführt, nachdem es nacheinander die 4 Stockwerke durchlaufen hat.

Vortheile dieser Heizmethode. Kein Heizungsverfahren ist so gleichmäßig, so wohlfeil und so einfach, wie das vorliegende; es ist daher das zweckmäßigste in Flachsspinnereien, in Baumwollenspinnereien für hohe Nummern und für jeden andern Gewerbszweig, der eine sehr gleiche Temperatur erfordert und eine trockne Wärme zu vermeiden hat. Die Dampfheizung, die einzige, welche da angewendet werden kann, wenn eine bedeutende Anzahl von Räumen erwärmt werden sollen, die von einander entfernt liegen, hat das Nachtheilige, die Röhren zu plötzlich zu erwärmen und kalt werden zu lassen, so daß man nicht nach Belieben eine mäßige Wärme erzeugen und erhalten kann. Die Warmwasserheizung, welche wegen ihrer Eigenschaften jetzt in allen Gewächs- und Treibhäusern eingeführt worden ist, kann mittelst Hähnen und durch die bloße Verzögerung der Circulation vollkommen alle diese Veränderungen hervorbringen.

Luft, die sich in dem Apparat entwikkelt. Das Wasser, welches zur Füllung und Speisung eines solchen Apparates angewendet wird, enthält stets eine bedeutende Menge Luft aufgelös't, und, indem es warm wird, entwickelt sich dieselbe. Ein Theil von dieser Luft entweicht unmittelbar durch den obern Theil der aufwärtssteigenden Säule; ein anderer Theil wird in die Röhren mit fortgeführt. Wenn sie sich in den Knieen oder an andern Puncten anhalten könnte, so würde sie die Verbindung zwischen den Wassersäulen und folglich auch die Circulation gänzlich unterbrechen. Man muß demnach

dahin sehen, an dem höchsten Puncte des Apparats eine Röhre v von 0,04 Meter Durchmesser anzubringen, die stets offen und lang genug ist, daß sie über den Wasserstand des Speisungsbehälters hinausgeht. Durch diese Röhre kann sich die Luft fortwährend entwickeln. Wenn man an dem untersten Theile der Hauptröhre einen Hahn anbringt, so kann man sich, wie einzusehen ist, desselben Apparates zur Erwärmung des Wassers bedienen, welches zum Bleichen der fabricirten Leinwand erforderlich ist.

Heizung der Fabrikräume mit dem Condensationswasser. Es ist ebenso leicht, die Fabrikräume und die Trockenanstalten mit dem Condensationswasser einer Dampfmaschine zu erwärmen. Der Apparat ist ebenso einfach und die Resultate sind ebenso wohlfeil und regelmäßig, als diejenigen, welche man bei dem soeben beschriebenen Apparat erlangt.

Es ist zu dem Ende hinreichend, das Condensationswasser mittelst einer Druckpumpe, welche von der Maschine bewegt wird, in den obersten Raum zu schaffen. Es fällt darauf in eine oder in zwei gußeiserne Röhren, welche abwärts gehen, von Raum zu Raum circuliren, wie es in dem beschriebenen Apparate der Fall ist. Unten sind diese Röhren mit einem Hahne verschlossen, welcher dieselbe Quantität kaltgewordenes Wasser herausläßt, die man oben hineingegossen hat.

Damit diese Röhren nun stets gefüllt bleiben und doch niemals zu voll seien, ist eine Vorrichtung erforderlich, welche den Abfluß im Verhältnisse zu der einströmenden Wassermenge regulirt. Man kann dazu den Entleerungshahn mit einem Schwimmer empfehlen, der an dem obern Theile der Röhren angebracht, und der geschlossen oder geöffnet wird, jenachdem der Wasserstand in diesen Röhren fällt oder

steigt. Am Einfachsten wird es aber sein, oben an diesem System einen Ausguß anzubringen, der alles Wasser, welches die Pumpe zuviel eindrückt, nach außerhalb ausgießt, und alsdann kann man den untern Hahn leicht reguliren, daß er etwas weniger Wasser gibt, als die Pumpe liefert; auf diese Weise wird der Apparat stets voll erhalten werden.

Dimensionen der Röhren. Die Heizröhren müssen hier nach denselben Grundsätzen berechnet werden, als die sind, welche bei dem Circulationsapparat angenommen wurden, um durch eine größere Oberfläche die geringere Temperatur des hier anzuwendenden Wassers auszugleichen.

Das Condensationswasser hat gewöhnlich 36 bis 40° C., wogegen das in den Circulationsapparaten im Durchschnitte, wie wir schon bemerkt haben, 75—80° hat. Man muß daher die anzuwendende Metalloberfläche doppelt so groß nehmen. In einem 15 Meter langen und 3,25 Meter hohen Raume muß man daher 2 Röhren von 0,16 Meter Durchmesser haben, wenn man es nicht vorzieht, eine einzige doppelt so weite Röhre anzuwenden, wodurch die Kosten für Bolzen, Supports rc. vermindert werden, wodurch man aber eine weniger gleichmäßige Wärme erlangt. Nimmt man an, daß das Wasser während seiner Circulation in den Werkstätten die Hälfte der Wärme zurückläßt, welche es in dem Condensator erlangt hat, so wird eine Maschine von 10 Pferdekräften, welche 160 Kilogr. Dampf verzehrt, hinreichend sein, um Räume von 6—8000 Cubikmeter mit 150 □Meter gußeisernen Röhren zu erwärmen.

Wirklich erwärmt ein Quadratmeter Gußeisen, welches durch den Dampf oder durch eine Wassercirculation von 80—90° erhitzt wird, 100 Cubikmeter Raum auf 13° und verdichtet in der Stunde 1,80 Kilogr. Dampf.

Anlagekosten dieses Apparats. Wir beendigen dieses Capitel mit einer Bemerkung, welche sich auch auf die Erwärmung durch Circulation bezieht. Sie besteht darin, daß die Anlage- und Unterhaltungskosten dieser Apparate sehr mäßig sind, weil sie weder Dampfröhren, noch kupferne Röhren für das zurückkehrende Wasser, mit Kränzen, Hälsen rc.; weder viele Hähne, durch welche Verluste veranlaßt werden, noch mühsame Verbindungen bedürfen. Nachstehendes gibt den annähernden Anschlag von der Heizung einer Fabrikanstalt von 40 Meter Länge und von 3 Stockwerken, durch Wasser, welches durch den verloren gehenden Dampf in Circulation gesetzt worden ist.

Röhren von 0,16 Meter Durchmesser. 140 Meter à Meter 40 Kil., 5600 Kil. à 100 Kil. 33 Fr.	1848 Fr.
Kupferne Dampfröhren von 1 Decimeter Durchmesser. 15 Meter lang, 70 Kilogramm schwer, à 4 Fr.	280 =
Kränze und Hälse von Eisen zu denselben	200 =
Bolzen, 2 auf das laufende Meter à 1 Fr., nebst Verkittung	280 =
45 Träger, von denen jeder aus einem halben Ringe von Eisen, aus 2 Eisendrahtbändern und aus 2 Nägeln besteht	150 =
3 Hähne zur Regulirung à 50 Fr. . . .	150 =
Kosten der Aufstellung des Apparats .	150 =
Summa	3058 Fr.

Die Kosten eines Apparates mit dem Condensationswasser betragen:

Gußeiserne Röhren, 240 Meter à 40 Kil., 9600 Kil., 33 Fr. die 100 Kil. . . .	2880 Fr.
Bolzen, 480 Stück à 1 Fr.	480 =
Träger, 80 Stück à 4 Fr.	320 =
Die Druckpumpe und ihre Röhre . . .	300 =
Hähne und Röhren	150 =
Aufstellungskosten	150 =
Summa	4280 Fr.

Man hat in Gewächshäusern Heizapparate durch Wassercirculation, welche kupferne Röhren haben, die auf bedeutenden Längen mit Zinn gelöthet sind. Da die Temperatur des Wassers sich nicht über 100° erhebt, so sind diese Röhren dauerhaft und sehr wohlfeil. Der Heizapparat eines Gewächshauses, welches stets einer bedeutenden Wärme bedarf, kostet etwa 100 Fr. auf jedes laufende Meter von dem Hause.

Obgleich wir nie Gelegenheit gehabt haben, Heizapparate dieser Art einzurichten, so sind wir doch überzeugt, daß die hier angegebene Oberfläche, um mit dem Condensationswasser zu heizen, zu groß ist, und daß man zu einer hinreichenden Temperatur selbst mit einer Röhre von 0,16 Meter oder von höchstens 0,19 Meter Durchmesser gelangen würde, wie sie bei der Heizung durch Circulation angewendet werden. Wir rathen demnach denjenigen Fabricanten, welche dieses Verfahren anwenden wollten, zuvörderst eine einzige Röhre von 0,19 Meter anzunehmen und deren Resultate zu beobachten, ehe man eine zweite einrichtet.

Einspritzen von Wasserdampf in den Heerd der Dampfkesselöfen. Um die Heizkraft der Brennmaterialien besser benutzen zu können, hat man zahlreiche Versuche damit gemacht, Wasserdampf einströmen zu lassen, besonders den, welcher

aus den Dampfmaschinen ohne Condensation unbenutzt entweicht und den man auf die glühenden Steinkohlen leitet.

Man hat behauptet, daß, wenn man auf diese Weise den Dampf zersetzte, Wasserstoff und Kohlenoxyd entständen, welche durch ihre Verbrennung die Flamme verlängern und verstärken und bis 25 und 30 Procent an Brennmaterial-Ersparung veranlassen müßten.

Der hauptsächlichste zu diesem Gebrauch angewendete Apparat besteht aus hohlen Roststäben, welche den Dampf aufnehmen und ihn in die glühende Steinkohlenschicht durch sehr kleine Oeffnungen leiten, welche auf ihren obern Kanten vorhanden waren. Bei der Anwendung des Apparates fand man aber bald, daß dieses Einspritzen des Dampfes die unmittelbar auf den Stäben liegenden Steinkohlen naß machten und löschten, so daß der Rost verstopft wurde; auch wurden in Folge dieser Condensation des Wassers und der Wirkung des Feuers die Dampföffnungen sehr bald verstopft, kurz, die erlangten Resultate entsprachen keineswegs den Erwartungen und man verzichtete auf den Apparat.

Herr Bergouhniour, Professor der Chemie zu Rheims, hat die Vorrichtung sehr glücklich modificirt und führt den Dampfstrom durch eine Röhre von 15 Millimeter Oeffnung, die mittelst eines Hahnes regulirt wird, in den Aschenfall und unter den Rost. Ein mäßiges Einströmen, denn ein zu starkes bringt das Feuer zum Erlöschen, veranlaßt einen weit stärkern Zug für den Ofen und einen lebhaftern Gang der Maschine. Untersucht man jedoch diesen Ofen, so findet man, daß die Dimensionen seiner Canäle zur Erreichung eines guten Zuges etwa 4 Mal zu klein sind. Wir sind daher mit dem Erfinder selbst überzeugt, daß die Wirkung dieses Dampf-

stromes unter dem Rost nur mechanisch, wie ein Gebläse, wirkt, indem er einen lebhaftern Zug veranlaßt. Bei zweckmäßigen Dimensionen würde daher das Verfahren unmittelbar unnütz sein.

Wir müssen daher bemerken, daß wir weder eine auf gute Erfahrung gestützte Meinung für, noch gegen die allgemeine Frage haben: ob der auf einen glühenden Heerd geführte Dampf nützlich wirke, um Brennmaterial zu ersparen?

Wir sind blos zu der Meinung veranlaßt, daß die Wärmemenge, welche durch die Verbrennung des Gases entwickelt worden ist, die die Zersetzung des Wasserdampfes in dem Heerde veranlassen könnte, nicht viel größer ist, welche dazu erfordert wird, daß sich der Dampf zersetzen könne. Wir reden hier nicht von der Benutzung des Wasserdampfes zur Zersetzung der Brennmaterialien und zur Production brennbarer Gase, welche man alsdann zur Heizung der Oefen, Dampfapparate ꝛc. verwendet, ein Verfahren, welches eine große Zukunft zu haben scheint, welches aber, wie gesagt, noch zu sehr in seiner Kindheit ist, um hier mehr davon reden zu können.

Eintreiben von Luft in den Aschenkasten eines Dampfkesselofens mittelst eines Ventilators. Dieses Verfahren ist auf verschiedene Weise angewendet worden, und ebenso hat man auch hinter dem Ofen einen saugenden Ventilator angebracht, um einen verstärkten Zug hervorzubringen. Beide Verfahrungsarten haben dasselbe Resultat gehabt, nämlich Ersetzung eines mechanischen Mittels für den Zug durch den warmen Rauch. Soll daher dieses Verfahren wichtige Resultate geben und will man eine wirkliche Brennmaterial-Ersparung erreichen, so muß man an den Oefen, bei denen man es anwendet, Apparate anbringen, durch welche der Rauch abgekühlt und die ganze Hitze be-

nutzt werden kann. Denn wenn man den Rauch noch mit einer Wärme von 4—500° entweichen lassen muß, so hat die Anwendung des Ventilators keinen Nutzen mehr, und man wendet ein Princip an, ohne irgend einen Nutzen davon zu ziehen.

Es scheint jedoch, als wenn man dies Princip mit Erfolg zur Verbrennung von Brennmaterialien mit kurzer Flamme, die sehr mager sind und wohlfeil zu stehen kommen, die aber ohne Rost und bei einer starken Luftzuführung eine bedeutende Hitze entwickeln, anwenden kann. Es würde dieses ein interessantes Resultat sein, welches man aber besser erreichen würde, wenn man den Ventilator hinter dem Ofen anbrächte, wie es auch bereits mehrere Maschinenbauer gethan haben. Die Erfahrung scheint bewiesen zu haben, daß dieses Verfahren mit guten Oefen keine bedeutenden Resultate gibt, und man hat es daher wieder aufgegeben.

Von den Explosionen.

Von den in dem Augenblicke der Explosion zu nehmenden Maßregeln. Welche Sorgfalt man aber auch auf die Anfertigung der Generatoren verwenden mag, wie genau man auch bei der Wartung derselben verfahren, und wie scharf auch die administrative und specielle Beaufsichtigung dabei sein mag, so entstehen doch fürchterliche Unfälle durch verschiedene Ursachen, von denen wir weiter unten reden werden, explodiren (zerspringen oder bersten) die Generatoren oder Kessel und verbreiten um sich Verwüstung und Tod. Die Heizer und Maschinenwärter, sowie auch andere Arbeiter, welche sich in der Nähe einer Dampfmaschine aufhalten, auf der Erde; das Schiff, die Schiffer und Passagiere auf Flüssen, Seen und Meeren, werden zermalmt, von

den Kesselstücken mit fortgerissen, oder durch Ströme von siedendem Wasser und von Dampf verbrannt! Das ganze Dampfschiff verschwindet oft in einem Augenblicke; die Mauern und die Dächer der Häuser werden weggenommen und werden mit den Kesselbruchstücken an ferne Puncte geführt; zuweilen wird auch nur der Kessel zerrissen, und es werden in der Richtung des Risses Massen von Wasser und Dampf fortgeschleudert, die noch weit gefährlicher sind, als die Bruchstücke eines zersprungenen Kessels.

Wenn sich ein Unfall dieser Art ereignet, so ist die erste Pflicht des Fabricanten, nachdem er für die Verwundeten und Todten Sorge getragen hat, sogleich die Behörde herbeizurufen, sowohl eine Magistratsperson, als auch einen Richter; auch ein technischer Beamter muß dabei sein, so daß ein sehr genaues Protocoll über den Zustand aufgenommen werden kann, in dem die Gegenstände gefunden worden sind, um im Stande zu sein, die Ursache des Ereignisses nachzuweisen.

Es ist nöthig, daß bis zur Ankunft der Behörden Alles in dem Zustande gelassen wird, in welchem es nach der Explosion gefunden worden ist, und wenn es durchaus nöthig wäre, einige Stücke aus ihrer Lage zu nehmen, so müßte man dieselbe vorher genau notiren, um die Beschaffenheit, in welcher sie vorgefunden, genau zu kennen. Es ist von großer Wichtigkeit und hohem Interesse, diese fürchterlichen Wirkungen zu studiren, um deren Ursache kennen zu lernen und um ihre Wiederkehr zu verhindern! Sind Menschen verwundet oder gar getödtet, so ist das Herbeirufen des Richters von Seiten des Fabricanten noch nöthiger, indem derselbe sonst sehr ernstlichen Unannehmlichkeiten ausgesetzt und wegen grober Unvorsichtigkeit angeklagt werden könnte.

Ursachen der Explosion. Es ist oft schwierig, nach einer Explosion deren Ursachen zu erkennen; allein es ist höchst wichtig, sie genau auseinanderzusetzen, um sich soviel, als möglich, gegen ihre traurigen Wirkungen zu sichern.

Seitdem Herr Arago in seiner schönen Arbeit über die Explosion, und nach seiner so bestimmten Methode, alle bekannten Thatsachen und die Wirkungen der Erscheinungen analysirt hat, um darnach die allgemeinen Ursachen zu erkennen und die Gesetze aufzustellen, haben sehr viele Gelehrte und Ingenieure dahin gearbeitet, um die Einen durch Beobachtungen, und die Andern durch die Theorie, diese große Frage aufzuklären.

Herr Jobard hat eine höchst originelle Theorie über die plötzlichen Explosionen aufgestellt, die nach ihm von der Entwickelung des Wasserstoffgases durch die Zersetzung des Wassers auf dem rothglühenden Blech des Kessels, wenn der Wasserstand in demselben sinkt, herrührt, aufgestellt. Weitere Ursachen der Kesselexplosion sind nach seiner Annahme ein zufälliges Eindringen von Luft in den Kessel durch eine Speisepumpe, deren Saugröhre nicht mehr unter dem Wasser steht, und die Entzündung der auf diese Weise gebildeten knallenden Mischung, entweder durch die rothglühende Oberfläche selbst, oder durch einen electrischen Funken, der durch den Dampf entwickelt ist, welcher aus den Sicherheitsventilen entweicht.

So sinnreich auch diese Theorie sein mag, so müssen wir dennoch an ihrer Richtigkeit zweifeln, wenn wir die Vereinigung von Bedingungen berücksichtigen, welche sie erfordert, und daß sie der Zufall nicht mehrere Mal vereinigen könnte. Sie setzt voraus, daß in dem Augenblick, in welchem ein Kessel trocken und rothglühend wird, die Speisepumpe statt Wasser Luft ansaugen müßte; nun kommen aber Explo-

sionen in dem Augenblicke vor, in welchem gar keine Speisung stattfindet! Auch müßte man endlich annehmen, daß sich die Luft in einem Theile des Kessels in hinlänglicher Menge anhäufen und 1 oder 2 Cubikmeter Dampf und Wasserstoff, ohne sich in dem Augenblicke ihres Einströmens damit zu vermischen, explodirbar machen könnte, welches bei den Strömungen, welche in einem Kessel stattfinden, nicht möglich sein kann. Uebrigens ist diese Erklärung gar nicht nöthig, um die Ursache der zerschmetternden Explosion anzugeben, indem sich dieselben ganz natürlich durch den sphäroidischen Zustand des Wassers und durch die Versuche Boutigny's erklären.

Die beiden Abhandlungen, welche am Unmittelbarsten die Frage betreffen und, unserer Meinung nach, der Wahrheit am Nächsten kommen, sind die des Herrn Combes, welche auf Veranlassung der Commission für die Dampfkessel bearbeitet wurden, und die schöne Arbeit des Herrn Boutigny d'Evreux.

Die vier Hauptursachen der Explosion sind nach unserer Annahme die folgenden:

Uebermäßiger Druck. Allein genommen ist dieser Fall ein sehr seltener, denn in den meisten, wenn ein Ueberschuß von Druck die Explosion veranlaßt, kommen auch noch andere Ursachen hinzu, nämlich die schlechte Beschaffenheit oder der schlechte Zustand der Kessel. Man weiß, daß, wenn man Wasser in einem Gefäße sieden läßt und es einen freien Ausweg hat, es eine feste Temperatur von 100° C. behält und sich in Dämpfen zerstreut.

Wenn aber dieses Gefäß luftdicht verschlossen ist und der Dampf sich nicht frei entwickeln kann, so häuft er sich in dem kleinen, freien Raum über dem Wasser an und erreicht eine bedeutende Spannung, in dem Maße, als die Temperatur des Wassers zunimmt. Wenn das Wasser in dem Generator 172°

Wärme hat, so hat der Dampf 8 Atmosphären, d. h. das Gefäß hat auf jedes Quadratcentimeter einen Druck von mehr als 8 Kilogr. auszuhalten.

Nun ist es klar, daß, wenn die Stärke und die Beschaffenheit des Metalles keinen solchen Druck auszuhalten gestatten, ein Zerreißen und die Explosion erfolgen müssen. Zuweilen hat sich ein solcher Unfall bei Kesseln ereignet, die schon vorher einen weit größern Druck ertragen hatten; es rührt dies daher, weil die Metalle und namentlich das Eisen in ihrer Textur durch einen langen Gebrauch, besonders durch die langsame und immerwährende Einwirkung des Feuers sich in ihrer Textur verändern und einen großen Theil von ihrer Festigkeit verlieren, so daß zu ihrem Zerreißen nur ein erforderlicher Druck erforderlich ist.

Schlechter Zustand des Kessels. Eine andere sehr häufige Ursache der Explosion, und gewiß diejenige, welche sie am Meisten veranlaßt, ist die schlechte Construction der Apparate, die schlechte Beschaffenheit des Metalles, welches dazu verwendet wird, oder die Verschlechterungen, welche die Kessel durch den Betrieb und besonders durch schlecht ausgeführte Reparaturen erlitten haben.

Es war dies seit Jahren unsere festeste Ueberzeugung. Die officiellen Berichte, welche von Hrn. Combes bekannt gemacht und untersucht worden sind, haben die Richtigkeit dieser Behauptung bewiesen.

Bei den meisten Explosionen, die in Frankreich von den Jahren 1829 bis 1841 vorgekommen sind, und worüber wir Berichte besitzen, hat sich die Beschaffenheit des Metalles, entweder durch den Betrieb und das Feuer, oder durch eine schlechte Vereinigung der Blechtafeln, wodurch der Faden zerrissen ist, oder durch eine schlechte Gestalt der Kessel verändert.

Die bestimmte Ursache ist meistens ein zu starker Druck gewesen, den sie alsdann nicht aushalten konnten, oder ein Sinken des innern Wasserstandes, so daß durch die Einwirkung des Feuers das Metall rothglühend werden konnte und seine Festigkeit um ⅔ vermindert wurde.

Wir selbst haben im Jahr 1842 wenige Augenblicke nach der Explosion, welche einer von den Trockencylindern der Papiermaschine du **Gouffre** bei **La Ferté-sous-Jouarre** betraf, denselben untersucht, und es zeigte sich ganz deutlich, daß dieser Cylinder, dessen Böden immer schlecht eingefügt waren, sich, wie die ganze Maschine, im schlechten Zustande befand.

Sinken des Wasserstandes und kugelförmige Beschaffenheit des Wassers. Eine dritte Ursache der Explosion, die gefährlichste und die am Leichtesten vorkommende, weil ein Vergessen des Heizers oder der schlechte Zustand von einem Maschinentheil bei einer am Besten eingerichteten und sehr sorgfältig abgewarteten Maschine sie veranlassen können, ist das Sinken des Wasserstandes und das Glühen der Wände, welche ohne Wasser der Einwirkung der Flamme ausgesetzt sind. Damit vereinigt sich, wenn man sich auch nicht sogleich davon überzeugt, die vierte Ursache der Explosion, welche eine Folge davon ist, nämlich die kugelförmige Beschaffenheit des Wassers. Sei es nun aus Vergeßlichkeit, oder weil die Schwimmerstange nicht frei genug in ihrer Stopfbüchse gleitet, oder weil die Speisepumpe kein Wasser mehr in den Generator liefert, dieser wird leer, und die in den Canälen dem Feuer ausgesetzten Theile werden rothglühend und die Ursache heftiger Explosionen.

Man hat lange Zeit hindurch die Explosion in ähnlichen Fällen nur dem Einspritzen kalten Wassers

auf die durch das Feuer rothglühend gewordenen Wände und der augenblicklichen Entwickelung von Dampf zugeschrieben. Diese Wirkung kann zuweilen entstehen, denn bei einem in America angestellten Versuche veranlaßte in einem rothglühend gewordenen Kessel das eingespritzte Wasser eine augenblickliche Explosion, die man dem kugelförmigen Zustande nicht zuzuschreiben vermag. Aus den von mehreren andern gemachten Erfahrungen, unter andern aus denen des Hrn. Pouillet, und ganz neuerlich aus denen des Hrn. Boutigny d'Evreux, geht hervor, daß häufig damit eine ganz andere Erscheinung in Verbindung steht. Wenn man Wasser auf eine dunkel rothglühend gemachte metallische Oberfläche gießt, so kocht es nicht heftig und verdampft auch nicht, sondern es sammelt sich in Kügelchen, läuft über die ganze glühende Oberfläche weg, ohne sie zu berühren und ohne zu kochen, und fast ohne irgend eine Dampfentwickelung, und verwandelt sich erst dann in Dampf, wenn das Gefäß kälter geworden ist!

Herr Boutigny hat durch zahlreiche Versuche sehr wichtige Beobachtungen für die Untersuchung der Explosionsursachen gefunden. Das Wasser erlangt die kugelförmige Gestalt, wenn man es in ein Gefäß gießt, welches nur auf 171° C. erhitzt worden ist, und es behält diese Gestalt bis zu einer Abkühlung von 142°; alsdann benetzt er das Gefäß, dehnt sich auf demselben aus und verdampft sehr rasch.

Die Verdampfung des kugelförmigen Wassers ist fast 50 Mal geringer, als im Normalzustande, dennoch ist die Verdampfung um so rascher, je heißer das Gefäß ist.

Der kugelförmige Körper steht mit der heißen Oberfläche in keiner Berührung, sondern er wird ohne Zweifel durch die Repulsion des Metalles in einiger Entfernung davon erhalten.

Das Wasser geht in großen Massen in den kugelförmigen Zustand über.

Das Gleichgewicht stellt sich nicht zwischen der Masse des kugelförmigen Wassers, welche 96 oder 98° bleibt und dem Gefäße her, welches eine Temperatur von 6 bis 700° hat, wohl aber zwischen diesem Gefäß und dem von dem kugelförmigen Wasser entwickelten Dampf. Es entsteht daraus für diesen Dampf, in so geringer Menge er auch vorhanden sein möge, eine bedeutende dynamische Kraft.

Wenn das Kochen in einem auf einem heftigen Feuer stehenden Gefäße sehr lebhaft ist, und wenn die zu verdampfende Wassermenge nur noch sehr gering ist, so fallen die Wassertropfen in kugelförmigen Zustand zurück, und eine selbst siedende Masse, welche man hineingießt, nimmt im Augenblicke diesen Zustand an.

Wenn man das Gefäß abkühlen läßt, oder wenn man viel kaltes Wasser hineingießt, so wird das Gefäß sogleich durch das Wasser benetzt und es erfolgt eine ungeheure Dampfentwickelung.

Stellt man diesen Versuch in einer Flasche an, die mit einem Stöpsel verschlossen ist, durch welche eine ½ Millimeter weite Röhre geht, und es sind nur 2 Grammen Wasser in der Flasche, so wird der Stöpsel mit einer heftigen Explosion herabgeworfen. Ist die Röhre weit, so entweicht der Dampf mit Zischen.

Zehn Kilogr. Wasser in Kugelform in einem Kessel von 100 Liter Inhalt würden durch ihre Verdampfung plötzlich 17000 Liter Dampf entwickeln! Welcher Apparat würde da wohl widerstehen?

Die Erklärung der meisten heftigen Explosionen scheint uns ganz natürlich aus diesen Resultaten hervorzugehen, die auch in Uebereinstimmung mit den

bekannten Thatsachen und mit dem gewöhnlichen Gange der Arbeiten des Heizers stehen.

Der Wasserstand vermindert sich in einem verschlossenen Kessel durch Ursachen irgend einer Art. Man fährt zu feuern fort. Entweder geht nun das Wasser natürlich in den kugelförmigen Zustand über, oder durch eine plötzliche Hebung in dem Augenblicke der Oeffnung eines Hahns fällt es in Kugelform auf die erhitzte Oberfläche zurück und behält eine Temperatur von 96,5°, während das Metall und der Dampf, welche in dem Kessel enthalten sind, sich rasch erhitzen. Die Maschine kann durch den ungeheuern Druck der geringen Menge des aber übermäßig erhitzten Dampfes im Betriebe bleiben.

Gießt man nun eine hinreichende Menge kaltes Wasser hinzu, so wird im Augenblicke die kugelförmige Beschaffenheit aufhören, der Kessel wird von dem Wasser befeuchtet werden, und bei der augenblicklichen Entwickelung einer so ungeheuren Menge von Dampf sind die Röhren und die Ventile nicht allein unzulänglich, sondern die letztern öffnen sich selbst nicht und es findet eine Explosion statt. Wir wollen hinzufügen, daß der kugelförmige Zustand auch noch durch die Anhäufung von Schlacken in dem untern Theile eines Kessels, der zum Theil von Wasser entblößt ist, veranlaßt werden könnte. Und wenn sich ein Theil von diesen Unreinigkeiten plötzlich durch die Ausdehnung des unter der Rinde rothglühend gewordenen Metalles ablös'te, so würde augenblicklich ein kugelförmiger Zustand und vielleicht eine Explosion veranlaßt werden.

Vorsichtsmaßregeln gegen die Explosion. Wir haben uns bei diesen Ursachen aufgehalten, weil die Unfälle im höchsten Grade betrübend sind, und weil die Fabricanten Tag und Nacht wachen müssen, um sie zu vermeiden. Die Mittel,

welche gegen die Explosionen angewendet werden können, sind von zweierlei Art: Beaufsichtigung und Sorgfalt und Administrativmaßregeln. Zuerst muß sich der Fabricant, was die Constructionsfehler anbelangt, nur an Maschinenbauer wenden, welche sein ganzes Zutrauen verdienen, sowie auch, wie in Frankreich, an die Regierungsbeamten, welche mit der Annahme und Untersuchung der Maschinen beauftragt sind, und die ebenfalls eine große Sorgfalt und Aufmerksamkeit auf die Construction und die Form der Generatoren verwenden müssen.

Um jeden Unfall durch Beschädigungen zu vermeiden, muß man von Zeit zu Zeit diese Apparate untersuchen, und bei dem geringsten Riß oder bei der geringsten Veränderung ihres Zustandes muß man Reparaturen veranlassen. Man darf nicht einen Tag versäumen, was die Sorge für die Beaufsichtigung und Leitung anbelangt, um übermäßigen Druck oder Sinken des Wassers in einem Kessel zu vermeiden. Ein sorgsamer und geschickter Heizer muß fortwährend auf seinen Schwimmer und auf sein Manometer achten; allein der umsichtige Fabricant darf bei dieser Beaufsichtigung nicht stehen bleiben, er darf sich weder auf den Heizer, noch auf das Sicherheitsventil verlassen. Er selbst muß von Zeit zu Zeit das Manometer untersuchen, damit die bestimmte Gränze niemals überschritten werde, und ebenso muß er auch den Schwimmer und die Speisepumpe untersuchen. Unter keinem Vorwande dürfen die Ventile überlastet werden, nie darf der Druck das bestimmte Maß überschreiten. Das Einströmen von Wasser in die rothglühenden Generatoren hat Explosionen verursacht. Wenn der Fabricant bemerkte, daß irgend ein Theil von seinem Generator rothglühend wurde, so müßte er sich hüten, Wasser hinein gelangen zu lassen, sondern es müßte das Feuer abgehen. Es

ist ganz klar, daß, wenn das Wasser alsdann im kugelförmigen Zustande befindlich wäre, eine Explosion nicht vermieden werden könnte und auch durch die Abkühlung stattfinden würde; allein es gibt alsdann kein Mittel zur Verhinderung des Unglücks. Auch die kupfernen Kessel zerspringen durch die Einwirkung dieser Explosionsursachen, denn mit dem kugelförmigen Wasser würde ebenfalls die Explosion stattfinden.

Herr Séguier hat große Arbeiten gemacht, um Kesselformen zu erlangen, welche nicht allein alle Explosionen verhindern, sondern auch die gefährlichen Resultate derselben auf gewisse sehr enge Gränzen, auf die Kesselkammer, beschränken können. Er zerlegte einen Apparat von 20 Pferdekräften in 17 bis 18 Sioderöhren, von denen eine einzige explodiren oder vielmehr zerreißen kann, ohne eine Explosion der andern zu veranlassen, wie dies Hr. Séguier durch die Erfahrung nachgewiesen hat. Es entsteht alsdann nur ein bedeutendes Ausströmen von siedendem Wasser und von Dampf, und keine Explosion, und daher bei einem Dampfschiffe ebensowenig Haverie, welches von großer Wichtigkeit ist.

Herr Henschel hat das Princip des Herrn Séguier noch weiter ausgebildet, und hat neuerlich einen Dampfkessel construirt, von denen mehrere seit Jahren in Gebrauch sind und die allen zu machenden Ansprüchen genügen. Er erhielt dafür im Jahre 1845 von der Société d'Encouragement zu Paris einen Preis von 6000 Franken, indem dieser Kessel die Möglichkeit einer Explosion und deren Gefahren in einem hohen Grade vermindert und obendrein die Brennmaterialersparung begünstigt.

Herr Henschel schlägt, um dem Mangel an Dauerhaftigkeit bei den Dampfkesseln abzuhelfen, erstens vor, sie nur von geschickten und erfahrenen

Männern verfertigen, sie oft untersuchen und den geringsten Fehler sogleich ausbessern zu lassen, oder gute Sicherheitsventile mit schmalen Rändern anzuwenden, dieselben direct und elastisch zu belasten, in gutem Zustande zu erhalten und strenge Aufsicht über dieselben zu halten. Was zweitens einen zufälligen, zu niedern Wasserstand im Kessel, oder das Ueberheizen seiner Wände betrifft, so empfiehlt er die Anwendung einer guten Speisepumpe und eines guten Schwimmers mit einer Vorrichtung, wodurch das Feuer ausgelöscht wird, sobald das Wasser unter das bestimmte Niveau fällt. Um endlich Explosionen vorzubeugen, räth er drittens, in den Kessel einen festen Körper zu bringen, welcher dem heißen Wasser widersteht und soviel, als möglich, das Wasservolum entwickelt, ohne die Dampfentwickelung zu hemmen. (Dingler's Journal, Bd. 99, S. 1 ꝛc., und Zeitung für Eisenbahnwesen, Dampfschifffahrt u. Dampfmaschinenkunde, Bd. II.)

Welche Vorsichtsmaßregeln die Erfahrung aber auch anrathen kann, so ist es doch gewiß, daß Fälle vorkommen, in denen die Explosionen gar nicht vermieden werden können; es sind dies die plötzlichen oder schleudernden Explosionen, bei denen weder Sicherheitsventile, noch Schwimmer, noch Manometer etwas helfen.

Jedoch geht es mit der Gefahr der Explosion, wie mit vielen andern, welche uns drohen, sobald wir handeln. Sie ist nicht mehr und nicht weniger zu fürchten, als viele andere Gefahren, welche täglich unsere Schritte umgeben.

Jedoch sind die Explosionen bei den jetzigen Verordnungen und Vorsichtsmaßregeln selten, und es braucht sie niemand zu fürchten, wenn er die Vorsichtsmaßregeln streng befolgt.

Maßregeln, welche die Regierung gegen die Explosionen angeordnet hat. Die Frage der gegen diese Unfälle zu nehmenden Maßregeln ist der Gegenstand langer Studien gewesen, hauptsächlich in Frankreich; wir kommen am Ende des Werks auf diese Verordnungen und Maßregeln zurück. Durch die Preisaufgaben mehrerer Gewerbsgesellschaften sind eine Menge von Apparaten in's Leben getreten, von denen wir einige vorzügliche so eben erwähnten. Ohnerachtet nun manche von diesen neuerfundenen oder ältere verbesserte schon vorhandenen Apparate recht zweckmäßig genannt werden müssen, so läßt sich doch andererseits nicht leugnen, daß nichts Sicheres und nichts recht Practisches darunter vorhanden ist. Wir können weder das Vorhandene, noch das Vorgeschlagene beschreiben, werden aber, wenn wir von den Sicherheitsapparaten gegen die Explosion reden, die einfachsten und wirksamsten derselben erwähnen. Unter allen Vorsichtsmaßregeln, um die Explosionen und die daraus hervorgehenden Gefahren zu vermeiden, sind die am Häufigsten angewendeten und nützlichsten die nachstehenden. Wir rechnen dahin besonders diejenigen, deren Anwendung obligatorisch für alle Dampfapparate ist, und selbst für die, welche zur Dampf- und Heißwasserheizung angewendet werden, sobald sie unter irgend einem Drucke betrieben werden.

Zuvörderst ist es immer stets zweckmäßig und sogar auch vortheilhaft, den Kessel außerhalb des Gebäudes zu legen, und stände er nur unter einem offenen Schoppen, und ihn unter der Erde anzubringen, um Wärmeverluste und eine hohe Stellung der Maschine und der Werkstätten zu vermeiden. Die Verbrennung wird alsdann durch die äußere Luft gespeis't, welche frischer ist, als die in der Werkstatt befindliche; sie ist alsdann weit lebhafter. Endlich ist in einem

weiten und offenen Raume die Auswechselung der Sideröhren leichter, und nöthigenfalls würde auch bei einem Unfall die Explosion durch die Erde geschwächt und würde nicht so heftig sein. Was nun die Wärmeverluste anbetrifft, so sind sie, wenn man die Ofenwände 0,70 bis 0,80 Meter stark macht, gering, und in allen Fällen umgiebt man den Kessel, um sie zu vermeiden, mit einem leichten Gebäude.

Sicherheitsventile.

Zweitens sind alle Kessel mit zwei Sicherheitsventilen versehen (Taf. IV, Fig. 8 — 11), welche den Zweck haben, den überschüssigen Dampf ausströmen zu lassen, wenn dessen Spannung zu hoch ist, und die so regulirt sind, daß sie sich bei einem bestimmten Grade heben. Man wird im Anhange zu dem Werke eine stufenweise Erklärung des Princips finden, auf welchem die Construction der Ventile beruht, sowie auch die Art und Weise, deren Belastung zu reguliren (Anmerkung 6).

Jedoch reguliren sich in der Praxis ihre Functionen nicht so genau, als wir es in dieser Anmerkung sagen. Es kann sich z. B. zuweilen ereignen, daß schlecht gereinigte und rostige Ventile an dem Kessel festhängen, so daß sie sich bei der von dem Gewicht und dem Hebel angegebenen Spannung nicht heben; allein es ist weit häufiger der Fall, daß die Sicherheitsventile den Dampf weit unter der Spannung ausströmen lassen, für welche sie regulirt worden sind. Obgleich sie gut abgeschliffen sein können, so hindert doch das geringste Staubkörnchen die vollkommene Berührung des Ventils mit dem Kessel und es kann der Dampf frei entweichen. Man muß alsdann den Hebel mit einem neuen Gewichte belasten, um den Druck vermehren zu können. Wir können nicht genug auf diesen Punct hinweisen, in-

dem lediglich durch Vernachlässigung der Reinigung der Ventile in den meisten Werkstätten bedeutende Unfälle entstanden sind. Die Fabricanten müssen die strengste Aufsicht auf diese Reinigung verwenden und sie bei jedem Stillstande der Maschine selbst ausschmirgeln lassen.

Mit diesen Vorsichtsmaßregeln, den besten und den einfachsten, die man nehmen kann, schließen die Ventile genau, lassen keinen Dampf entweichen, und die Heizer haben nicht nöthig, zur Vermeidung dieses Dampfverlustes sie mit einem solchen Gewichte zu belasten, daß sie der Dampf von 15 — 20 Atmosphären kaum heben kann.

Die jetzt durch das Gesetz vorgeschriebenen Ventile ruhen auf einer schmalen, ringförmigen Oberfläche, über deren Durchmesser keine Ungewißheit herrschen kann, und welche diesen Durchmesser unveränderlich beibehält. Man macht sie aus Bronze, welche der Dampf nicht so, wie Eisen und Gußeisen, angreift, und welche die Politur besser behält.

Der Ventildurchmesser ist im Verhältnisse zu der Heizoberfläche des Generators berechnet, und zwar so, daß aus einem Ventile aller Dampf ausströmen kann, welcher in dem Kessel erzeugt wird.

Man wird am Ende dieses Werks die Verordnungen und die Instructionen finden, welche sich auf die Dampfkessel beziehen und ebenso auch die speciellen Angaben über die beste Construction der Ventile, der Manometer ꝛc., und auf der Tafel IV in den Figuren 8—11 die Zeichnung eines Ventils, welches allen zweckmäßigen und nöthigen Bedingungen entspricht.

Ursachen der Dampfentweichung durch die Ventile. Die alte französische Verordnung vom 29. October 1823 und die damit verbundenen Instructionen rathen den Fabricanten und den Hei-

zern, die Ventile oft zu heben, um jedes Anhängen zu vermeiden. Es war dies ein Irrthum, der große Nachtheile hat, wie wir gesagt haben. Das Festhängen der Ventile ist so gering, daß der geringste Druck zu seiner Ueberwindung hinreicht, denn Rost kann sich während des Betriebes nicht bilden; und andererseits nimmt der Dampf, welcher bei Hebung des Ventils ausströmt, erdige Theile mit sich fort, welche die Berührung verhindern und den Heizer zu einer übermäßigen Belastung nöthigen. Im Gegentheil muß er es sorgfältig vermeiden, daran zu rühren, oder er muß, wenn er Dampf entweichen sieht, ohne daß dies von hohem Druck herrührt, es etwas mit einem Schlüssel drehen und dabei den Hebel festhalten. Aber vor allen Dingen darf er nicht vergessen, das Ventil zu reinigen, sobald nicht mehr gefeuert wird und die Maschine nicht im Betriebe ist.

Uebrigens dient die allgemein bei den Sicherheitsventilen angebrachte Vorrichtung zu einem nützlichen Indicator, um den Heizer von der zu hohen Spannung zu benachrichtigen, und es ist gewiß, daß außer einer plötzlichen Dampferzeugung, bei welcher keine Oeffnung zum Ausströmen genügt, die Ventile vollständig genügen, um jede gefährliche Vermehrung des Drucks zu verhindern, welche sich während des Betriebes der Kessel zeigt, wenn man die Maschinen einige Zeit außer Gang setzt, vorausgesetzt, daß in diesem Falle der Heizer immer dafür sorgt, wenn der Dampf schon eine starke Spannung hat, das Gewicht zu nähern, welches die Ventile belastet, d. h. seinen Hebel zu vermindern und folglich auch die Kraft, mit welcher es auf den Dampf drückt. Mit dieser einfachen Vorsichtsmaßregel strömt der überflüssige Dampf, aus und die Spannung wird sehr schnell stationär.

Niederdruck-Kessel. Ehemals waren die Ventile der Niederdruck-Kessel mit einem directen Gewichte belastet, welches im Verhältniß von 1 Kilogramm auf jedes Centimeter Druck berechnet worden war.

Jetzt sind alle Kessel mit denselben Apparaten versehen, und die Bedingungen sind lediglich hinsichtlich der Kraft, im Verhältniß zu der Wirksamkeit der Kessel, verschieden. Wir theilen in dem Anhange die Formel mit, mittelst welcher die Behörden die Oberfläche der Ventile in dem Verhältniß zu der Leistung der Kessel berechnen, und es folgt darauf eine Tabelle von den Ventildurchmessern im Verhältniß zu den Heizoberflächen.

Von den schmelzbaren Platten.

Unter allen Umständen würde es zweckmäßig sein, eine leichte Ventileinrichtung zu treffen, welche dem Dampf, sobald er eine bestimmte Spannung erreicht hat, eine große Oeffnung lassen würde. Alle bis jetzt versuchten Vorrichtungen sind zu verwickelt, um genügende Resultate zu geben; eine einzige verdient näherer Beachtung, und sie soll daher hier beschrieben werden.

Um die Mängel der Sicherheitsventile zu verbessern und um jeden Unfall zu vermeiden, hat man den von den Regierungen genehmigten Vorschlag gemacht, an den Dampfkesseln Scheiben von leicht schmelzbarem Metall (von der sogenannten d'Arcet'schen Legirung) und zwar an einem Röhrenhalse des Kessels anzubringen. Es ist gelungen, die Flüssigkeit dieser Scheiben so zu reguliren, daß sie bei einer bestimmten Temperatur oder Spannung schmelzen können. Der einzige Fehler, den sie haben könnten, besteht darin, daß sie weich werden und den

Dampf unter dem Grade, für welchen sie regulirt worden sind, entweichen lassen, wodurch der Heizer oft der Gefahr ausgesetzt ist, daß sie schmelzen und daß der Betrieb unterbrochen wird, ohne den gewöhnlichen Druck überstiegen zu haben. Oder die Platten können auch durch eine lang fortgesetzte Einwirkung der Wärme eine Schmelzung erleiden, welche, indem sie die flüssigsten Theile der Legirung trennt, nur ein sehr strengflüssiges Metall zurückließ und den Scheiben ihre ganze schützende Kraft benahm. Diese Ursachen sind Veranlassung gewesen, daß in den neuen französischen Verordnungen die Anwendung der schmelzbaren Platten verboten worden ist, obgleich sie bei Verhinderung von Explosionen oft sehr wirksam gewesen sind. Am Schlusse des Werkes reden wir in einer der Anmerkungen näher über diese schmelzbaren Platten. Man hat den Schwierigkeiten abgeholfen.

Man hat den Vorschlag gemacht, statt der schmelzbaren Platten, Bleiplatten an den Kesseln anzubringen, deren Dicke so regulirt ist, daß sie zerreißen, sobald der Druck eine gewisse Grenze übersteigt. Jedoch bietet dieses Mittel keine Sicherheit dar, zuvörderst, weil das angewendete Blei eine verschiedene Härte und Festigkeit haben kann, und dann, weil es sich auch langsam unter der fortdauernden Einwirkung der Wärme und des Druckes ausdehnt, und wenn es dünn geworden ist, unter dem Drucke, für welchen man es regulirt hat, zerreißt.

Verfahren von Galy Cazalat. Der von Herrn Galy Cazalat gemachte Vorschlag scheint jede Gefahr einer Explosion zu vermeiden, und der Erfinder hat daher in Frankreich eine Preismedaille bekommen. Sie besteht, Taf. **VII**, Fig. 18, 19 u. 20) darin, mitten durch den Kessel und über den Theil desselben, welcher von der Flamme getroffen wird,

eine Röhre anzubringen, welche unten und oben genau mit dem Kessel verbunden und oben und unten offen ist. Diese Röhre nun ist mit Oeffnungen versehen, welche dieselbe in steter Verbindung mit dem von Dämpfen eingenommenen Theil des Kessels bringen. Die untere Oeffnung der Röhre ist mit einem schmelzbaren Kegel verschlossen, den der Druck an seiner Stelle erhält, so daß keine Spur von Dampf durchgehen kann.

Wenn nun der Druck zu stark und die Temperatur zu hoch wird, oder wenn einige Wände rothglühend werden, weil das Wasser mangelt, oder weil ein Absatz von Kesselstein stattgefunden hat, so schmilzt der Kegel sogleich. Der Dampf in dem Kessel dringt durch die innern Löcher der Röhre, strömt in den Heerd und verlöscht das Feuer, indem er auch außerdem den nachläßigen Heizer durch sein Zischen aufmerksam macht.

An dem obern Theil der Röhre ist ein Hahn angebracht, dessen Schlüssel in einem Einschnitt einen kleinen Kegel aufnimmt. Wenn nun der erstere geschmolzen ist, so dreht man den Hahn, der Ersatzkegel fällt in die Röhre und verschließt die untere Oeffnung, ohne daß eine Entleerung des Kessels erforderlich wäre. So viel wir wissen, ist dieser sinnreiche Apparat noch nicht angewendet worden. Wirklich schützt er gegen die hauptsächlichsten Gefahren der Explosion; allein es bleibt zu bestätigen, ob es gelingen würde, den Durchgang des Dampfes, lediglich durch den Druck des Kegels, dicht zu verschließen, welches uns zweifelhaft erscheint. Man kann auch auf diese Weise nicht zwei oder drei constante Entweichungen des Dampfes an einem Kessel haben. Im Allgemeinen fürchten wir auch immer verwickelte Apparate, welche sehr geübte Arbeiter und eine sorgfältige Behandlung erfordern.

Zusammensetzung der schmelzbaren Tafeln. Die Metalllegirung, aus welcher diese Tafeln bestehen, und welche die Eigenschaft hat, in einer Temperatur zu schmelzen, welche mit ihrer Zusammensetzung verschieden ist, die aber, wenn man es will, bis unter die Siedhitze herabgehen kann, ist von dem ältern d'Arcet entdeckt worden. Man findet ihre Zusammensetzung in den Anmerkungen am Ende des Werkes angegeben.

Man darf jedoch nicht glauben, daß diese Scheiben eine ganz sichere Garantie gegen alle Unfälle seien, denn sie können auf keine Weise die Explosion verhindern, welche durch das augenblickliche Einströmen von Wasser in einen leeren und durch das Feuer rothglühend gewordenen Kessel entstehen, und dies ist, wie wir schon bemerkt haben, die häufigste Ursache der Explosion.

Nächst den Sicherheitsventilen und schmelzbaren Platten, besteht das sicherste und das leichteste Mittel zur Vermeidung der Explosion darin, die Kessel stets gehörig zu reinigen und die Feuerung gehörig zu führen; sich auch zu überzeugen, daß der Heizer alle Vorsichtsmaßregeln ergreife, von denen wir in der dritten Abtheilung, die von der Leitung der Maschinen handeln wird, näher reden werden. Vor Allem muß der Heizer dahin sehen, daß die Sicherheitsventile nie zu viel belastet werden, daß der Kessel regelmäßig gereinigt werde, und vor allen Dingen muß er sein Manometer fleißig beobachten, welches der sicherste Führer ist, um jede Gefahr zu vermeiden und um der Maschine einen regelmäßigen Gang zu sichern.

Manometer.

Nutzen der Manometer. Eine der ersten Sicherheitsbedingungen für die Generatoren ist ein Meßinstrument, welches in jedem Augenblick die Temperatur und den Druck des Dampfes angibt, und welches auf diese Weise dazu dient, den Heizer bei der Führung seines Feuers zu leiten, und endlich dem Besitzer und den Aufsehern der Fabrik die Mittel an die Hand gibt, den Betrieb der Maschine gehörig zu beaufsichtigen. Es ist auch noch von Wichtigkeit, daß die Angaben weder gehemmt, noch verändert, noch verfälscht werden können. Dies geschieht durch Manometer, aus zwei gläsernen oder metallenen, mit Quecksilber gefüllten Röhren bestehend, durch deren eine der Dampf so wirkt, daß er das Quecksilber in der andern um bestimmte Größen, die durch eine zweckmäßige Theilung abgelesen werden können, hebt.

Das Manometer dient zur Angabe der Spannung, der Kraft des Dampfes in dem Kessel und folglich seiner Temperatur. In den Niederdruckmaschinen wird diese Spannung durch die Höhe der Quecksilbersäule gemessen, welche der Dampf tragen kann; in den Maschinen von mittlerem und von Hochdruck maß man lange Zeit hindurch den Druck durch die Zusammendrückung eines gewissen Volums Luft, die in einer Glasröhre eingeschlossen war. Jetzt aber hat die Regierung aus sehr guten Gründen die Anwendung von Manometern mit freier Luft, für die ganze Dampfkraft, angeordnet, die denen bei den Niederdruckmaschinen ähnlich sind, aber weit längere Säulen haben, indem sie bis 5 oder 6 Atmosphären angeben (Taf. VI, Fig. 1, 2 und 3). Die Manometer mit zusammengedrückter Luft geben nämlich häufig unrichtige Angaben, wenn Luft oder Wasser in die Röhren gelangt, wenn Quecksilber verloren geht, das Glas trübe wird ꝛc.

Manometer für niederen Druck. Nichts ist einfacher, als die Einrichtung der Manometer, welche für Kessel bestimmt sind, die mit niederem Druck arbeiten. Sie bestehen am Häufigsten aus einer gekrümmten Röhre (Taf. IV, Fig. 4), deren eines Ende auf eine von den Dampfröhren oder auf den Kessel selbst eingekittet ist. Man füllt sie zur Hälfte mit Quecksilber; wenn der Dampf in dem Röhrenschenkel a drückt, so sinkt das Quecksilber in diesem Schenkel und steigt in dem andern b, und der Druck dieses Dampfes wird durch die Niveaudifferenz des Quecksilbers in den beiden Schenkeln gemessen. Auf einem Bretchen P, welches hinter der Röhre angebracht ist, bringt man einen Maßstab von halben Centimetern an, und man muß darauf achten, daß jedes halbe Centimeter 1 Centimeter Druck angibt, weil, wenn das Quecksilber um ein halbes Centimeter in einem von den Schenkeln steigt, es um eine gleiche Größe in dem andern sinkt, so daß also die Niveaudifferenz doppelt ist. Man gibt dem Maßstabe dieser Manometer nur eine Graduirung von 0,20 bis 0,22 Meter, weil dies der höchste Druck ist, bei welchem diese Maschinen arbeiten, und weil alsdann der Dampf stark genug ist, um die Wassersäule, welche den Kessel speis't, um 2,40 bis 3 Meter zu heben.

In vielen Maschinenbau-Anstalten fertigt man diese Manometer von Gußeisen an; sie sind weniger leicht zerbrechlich (Fig. 4). Um den Stand des Quecksilbers in der gußeisernen Röhre ablesen zu können, bringt man an derselben eine kurze Glasröhre v an, und in jener einen kleinen hölzernen Schwimmer d, dessen oberes Ende mit einem Knopf von rothem Wachs e versehen ist, um den Gang leicht erkennen zu können. Dieser Schwimmer steigt und sinkt längs

des Maßstabes, und das rothe Wachs gibt auf demselben den Gang des Quecksilbers an.

Manometer für hohen Druck und mit zusammengepreßter Luft. Zur Construction der Manometer, welche bei den Mittel- und Hochdruckkesseln angewendet werden, nimmt man eine Glasröhre von 8 bis 9 Millimeter Durchmesser und 30 bis 35 Centimeter Länge (Taf. IV, Fig. 5), die an ihrem einen Ende verschlossen ist. Je länger die Röhre ist, desto genauer sind ihre Angaben. Man läßt das untere Ende in einen Becher a treten, der mit Quecksilber angefüllt ist; in der Wand dieses Gefäßes ist eine kleine Röhre b befindlich, die unten mit der Röhre c in Verbindung steht, welche Dampf herbeiführt, und deren anderes Ende auf der Oberfläche endigt. Den oberen Theil des Gefäßes verschließt man mit einem gußeisernen Deckel d, der mit vier Schrauben festgehalten und mit rothem Kitt verdichtet wird, indem man dahin sieht, daß sich die innere Röhre nicht verstopfe. Ehe man den Deckel aufschraubt, hat man dahin zu sehen, die Glasröhre e mittelst Hanf und Kitt luftdicht darin zu befestigen, um jede Entweichung von Dampf zu verhindern. Man zieht die Schrauben an, vollendet die Verkittung der Röhre mit dem Deckel und läßt das Ganze mehrere Tage lang trocknen, ehe man sich des Manometers bedient.

Graduirung der Manometer. Das Manometer muß nunmehr graduirt werden. Dampf von einer Atmosphäre nennt man denjenigen, welcher ein Gewicht von ohngefähr 1 Kilogr. auf das Quadratcentimeter heben kann. Oder wenn der Dampf die Kraft von 1 Atmosphäre hat, d. h., wenn das Wasser anfängt zu sieden, so hebt es das auf ihm ruhende Luftvolum. An diesem Puncte ist die Spannung, wie wir bemerkt haben, gleich dem Gewicht

der Atmosphäre. Da das Quecksilber des Manometers äußerlich durch den Dampf und innerlich durch das Gewicht der Luft gedrückt wird, und zwar mit gleichem Grade der Spannung, so bleibt es unbeweglich, und sowohl in der Röhre, als in dem Gefäß auf gleichem Stande, und dies nennt man den Nullpunct des Manometers. Auf der Scala notirt man den Stand des Quecksilbers mit einer 0. Indem nun der Dampf an Kraft zunimmt, drückt er auf das Quecksilber und auf die Luft und comprimirt dieselbe. Wenn er eine Kraft von 2 Kilogr. auf das Quadratcentimeter, d. h. eine Kraft von 2 Atmosphären erreicht hat, so ist die Luft auf die Hälfte ihres Volums reducirt, und das Quecksilber steigt in der Hälfte der Röhre aufwärts; man bemerkt daher in der Hälfte von der Höhe der Röhre 1 Atmosphäre. Es ist dies der überschüssige Druck des Dampfes über das Gewicht der Luft. Man wird jedoch weiter unten sehen, daß, um ein scharfes Resultat zu erlangen, man zu dem Drucke der innern Luft das Gewicht der gehobenen Quecksilbersäule hinzufügen müsse, welche der Dampf in der Hälfte der Röhre erhält; allein in der Praxis ist dieser Irrthum unbedeutend, wenigstens wenn das Manometer nicht sehr lang ist. Uebrigens kann man ihn vermeiden, wenn man die Manometerröhre horizontal legt, weil alsdann das Gewicht der Quecksilbersäule 0 ist. Man muß aber in diesem Falle eine Glasröhre von geringem Durchmesser anwenden, damit sich die Quecksilbersäule nicht theile.

Wenn der Dampf eine Kraft erlangt hat, die gleich 3 Kilogr. auf das Quadratcentimeter über dem Gewicht der Luft ist, d. h. eine drei Mal größere Kraft, so ist die Luft in der Röhre auf $\frac{1}{3}$ ihres Volums reducirt und das Quecksilber um $\frac{2}{3}$ der Röhre gestiegen. Man notirt in diesem Niveau 2 Atmo-

sphären, und ebenso bemerkt man drei Atmosphären wenn der Dampf eine Kraft von 1 Atmosphäre mehr erlangt hat, d. h. eine 4 Mal größere Kraft, welche die Luft auf $\frac{1}{4}$ ihres Volums reducirt und das Quecksilber auf $\frac{3}{4}$ der Röhre steigen läßt.

Die Theilungen werden im Voraus auf der Röhre gemacht, sobald sie in dem kleinen Quecksilbergefäße befestigt worden ist, oder man bezeichnet sie auf einem Brete p, an welchem diese Röhre befestigt worden ist. Das Manometer darf nicht eher regulirt werden, als wenn das Quecksilber genau auf dem Nullpuncte steht. Alsdann theilt man die Länge der Röhre in zwei Hälften für 1 Atmosphäre, in drei Theile für 2 Atmosphären, in vier für 3 Atmosphären; man bezeichnet die Theilung auf dem Brete, an welchem man die Röhre befestigt, indem man von dem Stande des Quecksilbers ausgeht, und indem man einer jeden dieser Zahlen 1 Atmosphäre für das ursprüngliche Gewicht der Luft hinzufügt, sowie auch für die Spannung, welche der Dampf schon hat; wenn das Manometer 0 bezeichnet, so wird man, wenn die Luft auf die Hälfte der Röhre reducirt ist, zwei Atmosphären haben, bei $\frac{1}{3}$ drei Atmosphären, bei $\frac{1}{4}$ vier Atmosphären wirklichen Druck, obgleich man in der Praxis alsdann nur 1, 2, 3 rc. rechnet. Man darf es nicht vergessen, einen kleinen Tropfen Oel auf das Quecksilber in der Röhre zu thun, ehe man sie einkittet; mit dieser Vorsichtsmaßregel bleibt das Glas immer rein und das Quecksilber bleibt an demselben nie hängen.

Nothwendiger Hahn. Es ist erforderlich, unter dem Manometer einen kleinen Hahn r (Fig. 5) anzubringen. Würde zufällig die Glasröhre eines Manometers ohne Hahn zerbrochen, so wird es schwer halten, Meister des Dampfes zu werden, welcher durch die Röhre ausströmen würde. Man müßte

vielleicht die Maschine aufhalten und allen Dampf des Kessels in die Luft entweichen lassen, statt daß man mittelst eines Hahnes, den man nach Erfordern verschließen kann, das Manometer unmittelbar wiederherzustellen vermag, ohne daß irgend ein Verlust an Dampf oder an Leistung der Maschine stattfindet.

Man darf kein Quecksilber in die kupferne Röhre c fallen lassen, welche die Verbindung des Kessels mit dem Manometer herstellt, weil sie sogleich durchbohrt werden würde. Auch müßte man die größte Sorgfalt auf die Verkittung der Glasröhre mit dem gußeisernen Gefäße verwenden und sie mehrere Tage lang trocknen lassen, damit die in der kupfernen Röhre enthaltene Luft nicht entweichen könne; denn alsdann würde der Dampf auf das Quecksilber gelangen, und durch einen starken Druck bis in die Röhre, deren Resultate er stören würde, indem er das Volum der in dem Manometer eingeschlossenen Luft vermehrte. Wenn die Verkittung gut ausgeführt ist, so kann die ursprünglich in der Röhre, welche mit dem Kessel in Verbindung steht, eingeschlossene Luft nicht entweichen, leistet dem Dampfe Widerstand und dieser kann nicht in die Röhre gelangen, welche fortwährend kalt bleibt.

Diese Art von Manometern ist übrigens einigen Irrthümern unterworfen. Wenn sie, nachdem sie in der kalten Luft regulirt worden ist, alsdann in eine Maschinenkammer kommt, welche im Sommer eine Temperatur von 40 bis 45° C. erreicht, so dehnt sich die in der Röhre enthaltene Luft bedeutend aus und widersteht dem Drucke des Dampfes; und wenn die Luft auf die Hälfte ihres Volums vermindert worden ist, so ist dieser Druck wirklich viel stärker, als dem Anscheine nach, weil das Volum der Luft, welches er zusammendrückt, durch die Wärme ausgedehnt worden ist. Jedoch zeigt sich dieser Irrthum

nur an den ersten Betriebstagen. Sobald man mit Feuern aufgehört und die Maschine nur einmal aufgehalten hat, und kein Dampf mehr in dem Kessel ist, während die Temperatur der Maschinenkammer fast dieselbe bleibt, so entweicht der Ueberschuß der verdünnten Luft, mittelst des untern Theils der Röhre, durch das Quecksilber, und zwar mit um so größerer Leichtigkeit, als eine Leere in dem sich abkühlenden Kessel entsteht, und das Manometer ist alsdann genau für die Temperatur der Kammer regulirt, so lange sich dieselbe nicht verändert, welches mit geringem Unterschiede während des Betriebes stattfindet.

Wenn man die Maschine im Winter mehrere Tage hintereinander stillstehen läßt, so ist es zuweilen der Fall, daß die Kälte die vorher sehr verdünnte Luft verdichtet und das Quecksilber in der Röhre steigen läßt. Jedoch ist dieses Resultat gänzlich unwichtig, und das Manometer ist immer gut, wenn es in der Temperatur des erwärmten Maschinenraumes, vor der Dampfentwickelung, auf 0 zeigt, wovon man sich von einer Zeit zur andern überzeugen muß.

Man sieht auch zuweilen den Dampf in die Röhre dringen; er dehnt die Luft aus und veranlaßt in dem Manometer dieselbe Wirkung, als die Temperaturerhöhung des Raumes, und corrigirt sich ebenfalls selbst. Dagegen würden Temperaturverminderungen, welche den Dampf zum Theil verdichten, zu Irrthümern Veranlassung geben, wenn man das Manometer nicht genau reinigen wollte.

Diese Volumvermehrung dient auch zur Ausgleichung von einer andern Ursache des Irrthums, welche sich nach einiger Zeit des Betriebes zeigt. Es ist dies die Absorption von einem Theile der stark zusammengedrückten Luft durch das auf dem Quecksilber befindliche Oel, oder, wenn das Oel fehlt, durch

das Quecksilber selbst, eine Absorption, welche man vermeidet, wenn man das Manometer mit reinem und trockenem Wasserstoffgas füllt. Wir wiederholen es jedoch, das Manometer gibt stets hinlänglich genaue Angaben, d. h. vergleichende, wenn das Quecksilber in dem Augenblick auf dem Nullpunct der Scala steht, wenn sich der Dampf zu entwickeln beginnt, welches stets bei einem regelmäßigen Betriebe der Fall ist.

In die freie Luft ausgehendes Manometer nach der französischen Verordnung. Dieses Manometer (Taf. VI, Fig. 1, 2 und 3) besteht aus einem schmiedeeisernen Gefäß, in welches eine Glasröhre tritt, welche so lang ist, daß der höchste Druck, für welchen es graduirt, das Quecksilber nicht hinauswerfen kann. Demnach muß für einen Kessel von 5 Atmosphären die Glasröhre des Manumeters wenigstens 5 × 76 Centimeter oder 3,80 Meter lang sein, und noch mehr, damit die geringen Erhöhungen der Spannung über die Grenze der Regel das Quecksilber nicht hinaustreiben. — Man findet am Ende dieses Werkes eine genaue Beschreibung dieses Manometers und eine sehr gute Unterweisung zu seiner Construction.

Manometer von Desbordes. Herr Desbordes hat ein Manometer construirt, welches nicht so hoch zu sein braucht, als das vorhergehende, und welches keinen so häufigen Brüchen der Glasröhre unterworfen ist. Es besteht aus einer langen eisernen Röhre von einem sehr geringen Durchmesser, welche heberartig gebogen und auf einem Brete befestigt ist.

An einem der oberen Enden befindet sich eine eiserne Büchse, welche durch eine eiserne, mit einem Hahne versehene Röhre mit dem Kessel in Verbindung steht. An dem andern Ende ist eine Glasröhre

angebracht, die an beiden Enden mit eisernen Hülsen versehen ist, so daß sie einen verschlossenen Raum bildet, der in gleicher Höhe mit der Büchse befindlich ist, von welcher wir geredet haben. Man füllt den Apparat mit Quecksilber, so daß es einen gleichen Stand in dem Heber hat und bis zu dem bestimmten Nullpunct in der Glasröhre steigt. Diese Glasröhre hat einen vielmal größern Durchmesser, als die eiserne Röhre, in welcher der Druck wirkt. Wenn folglich das Quecksilber in dem ersten Schenkel des Hebels durch den Druck von einer oder von zwei Atmosphären sinkt, so steigt es nur sehr wenig in der Glasröhre, und statt das Quecksilber um 76 Centimeter zu heben, so steigt dasselbe, z. B., nur um 5 Centimeter.

Eine andere eiserne Büchse ist zur Aufnahme des Quecksilbers eingerichtet, wenn es durch einen zu starken Druck aus der Röhre hinausgeworfen würde.

Wir haben noch nicht Gelegenheit gehabt, diese Manometer im regelmäßigen Gebrauche beobachten zu können. — Ihre Einrichtung ist sehr sinnreich. — Wird ihr geringer Lauf nicht Nachtheile für die Genauigkeit der Angaben haben? Wir wissen es noch nicht.

Einige Fabricanten haben an dem Schwimmer dieser Manometer einen Drücker angebracht, der, wenn der Druck einen gewissen Stand überstiegen hat, eine Glocke mit Feder in Bewegung setzt und demnach ein sehr nützliches Signal gibt. Jedoch thun diese Apparate nie recht gut ihren Dienst, und es sind gute Sicherheitsventile allein sicher und constant.

Luftventile.

Es muß hier etwas über die Mittel gesagt werden, welche man anwenden könnte, um den Unfällen vorzubeugen, die aus der Luftleere erfolgen könn-

ten, die durch die Erkaltung in den blechernen und hauptsächlich in den kupfernen Kesseln, sowie in allen Röhren, welche durch Dampf erhitzt werden, entstehen könnte. Die Röhre tt (Taf. I, Fig. 12) erfüllt diesen Zweck bei den Niederdruckkesseln vollkommen und dient zu gleicher Zeit als Sicherheitsventil; denn, wenn der Dampf stark genug wird, um eine Wassersäule zu heben, welche gleich der Länge der Röhre ist, so entweicht das siedende Wasser durch ihre obere Oeffnung, und da sie nur einige Centimeter in dem Wasser steht, so entleert sich der Kessel bis zu diesem Niveau und der überschüssige Dampf entweicht alsdann mit Leichtigkeit, bis daß er unfähig wird, die in der Röhre eingeschlossene Wassersäule zu halten. Wenn sich dagegen der Kessel abkühlt und in demselben eine Luftleere entsteht, so strömt durch die Röhre wieder Luft in den Kessel und verhindert jeden Unfall. Man wendet auch zu diesem Gebrauch Ventile an, welche sich von Außen nach Innen öffnen (Taf. IV, Fig. 3), oder jede andere ähnliche Einrichtung eines einwärts gehenden Ventiles. Man nennt sie alsdann Schnüffler (reniflards). Dies sind die einzigen, welche bei Hochdruckkesseln angewendet werden können.

Schwimmer.

Benutzung der Schwimmer. Wir haben bemerkt, daß eine der gewöhnlichsten Ursachen der Explosion, oder wenigstens der starken Zerstörungen bei den Kesseln das außerordentliche Sinken des Wasserstandes sei. Es ist demnach unerläßlich, sichere und regelmäßige Mittel zu haben, um in jedem Augenblicke den Wasserstand in dem Kessel zu erkennen. Man wendet dazu Schwimmer an, die aus einem Steine bestehen, der auf der Oberfläche des Wassers erhalten wird, aus einem Kupferdrahte, der mit

einem Balancier verbunden ist und an dem ein Gegengewicht hängt (Taf. I, Fig. 12). Soll der Schwimmer seinen Dienst genau erfüllen, so muß sich der Draht z, welcher den Stein B trägt, stets in der Stopfbüchse b, durch welche er geht, frei bewegen können. Gewöhnlich besteht der Draht aus Kupfer; allein man kann auch Stahldraht von 3 Millimeter Stärke anwenden, der gut polirt und ohne Schiefern ist, indem er dünner sein kann, als Kupferdraht, somit die Reibung in der Stopfbüchse vermindert und folglich seine Bewegungen erleichtert. Man muß ihn nur oft reinigen, um die starke Einwirkung des Dampfes zu vermeiden, der sehr schnell Rost veranlassen würde. Die Stopfung darf nicht sehr dicht sein, denn der Schwimmer würde alsdann dem Wasserstande nicht folgen können, und man würde so dem Nachtheil ausgesetzt sein, es nicht wahrzunehmen, wenn zuviel, oder, was noch weit gefährlicher ist, wenn zu wenig Speisewasser einströmen würde.

Einige Maschinenbauer bringen einen Aufhalter an diesem Drahte an, damit der Schwimmer nicht zu tief sinken könne. Diese Einrichtung ist jedoch eine nachtheilige, denn der Schwimmer würde alsdann nicht mehr den Wasserstand angeben und den Heizer in Ungewißheit über den Punct lassen, wo er sich befindet, und ob die Speisung des Kessels gut oder schlecht bewirkt wird. Endlich, weil alsdann der Lauf eines Schwimmers sehr gering ist, kann sich ein nachlässiger Heizer leicht täuschen.

Die Stopfbüchse muß oft geschmiert werden, und man muß sich von Zeit zu Zeit überzeugen, daß der Schwimmer allen Bewegungen des Wassers mit Leichtigkeit folgen kann. Die Stopfung dieser Büchse muß wenigstens einmal monatlich gänzlich ausgewechselt werden; sie füllt sich mit erdigen Substanzen an, welche durch den Dampf und den Draht mitgeführt

sind, so daß die Bewegungen des Schwimmers schwierig werden.

Die geschmierte Stopfung, womit man diese Büchse versieht, muß nicht in langen Litzen angewendet werden, wie bei den Stopfbüchsen der Kolbenstangen, weil sich dieselben um den Draht wickeln und dessen Bewegung hindern würden. Man muß sie in kleinen getrennten Kugeln gebrauchen, welche man eine auf die andere drückt, indem man sie mit Talg tränkt.

Zuweilen zerreißt der Draht, an welchem der Stein hängt; ein sogar sehr häufiger Vorfall, wenn man Messingdraht anwendet, ohne ihn vor der Drehung gehörig ausgeglüht zu haben*). Wenn demnach der Draht zerreißt, oder der Stein zerbricht, so dreht sich das Gegengewicht des Schwimmers, da es nicht mehr im Gleichgewicht ist, um. Man muß alsdann sofort das Feuer ausgehen lassen, und zu gleicher Zeit den Kessel so lange speisen, als die Maschine noch im Gange ist, indem der noch übrige Theil des Dampfes verbraucht wird. Die Speisung kühlt nicht allein das Wasser in dem Kessel ab, und man braucht auch nicht zu fürchten, daß derselbe leer werde. Hat der Maschinenbauer die Aufmerksamkeit gehabt, den Schwimmer in der Nähe des Mannloches anzubringen, so ist es leicht, den Stein mit dem Drahte zu verbinden, ohne den Kessel leer zu machen und ohne Zeit zu verlieren. Man nimmt zu dem Ende einen Kupfer= oder Stahldraht, welcher länger, als erforderlich, und gut ausgeglüht ist; man steckt

*) Wir bemerken hier, daß der Messingdraht durch ein entgegengesetztes Verfahren ausgeglüht wird, als der Stahldraht, d. h., indem man ihn plötzlich im Wasser abkühlt. Durch eine langsame Abkühlung wird er hart und kann nicht, ohne zu zerbrechen, gebogen werden.

ihn durch die Schwimmerbüchse, aus welcher man die Stopfung weggenommen hat, und indem man ihn mit Hülfe eines Hakens bis zu dem Mannloche zieht, befestigt man den Stein daran, den man leicht aus dem Wasser gezogen hat, indem man den Draht soviel umdreht, daß er nicht losgeht, ohne jedoch Gefahr zu laufen, daß er zerreißt. Das andere Ende des Drahtes befestigt man alsdann so an den Balancier, daß, wenn der Kessel etwas unter $\frac{2}{3}$ seiner Höhe mit Wasser angefüllt ist, der Balancier des Schwimmers horizontal steht. Bei Maschinen von geringer Kraft füllt man die Kessel etwas weniger, weil das Aufkochen das Wasser zu leicht in die Cylinder führen würde.

Man hat einen Nachtheil darin zu finden gesucht, wenn der Schwimmer am Vordertheile des Kessels angebracht würde, in der Nähe der Hälse von den Siederöhren, weil die Bewegungen des Wassers starke Stöße veranlassen und den Draht selbst zerreißen können. Diese Bewegungen zeigen sich aber in den Kesseln von Mittel- und von Hochdruck nur in dem ersten Augenblick der Dampfentwickelung. Steigt derselbe über eine Atmosphäre Druck, so entwickelt er sich ohne irgend ein Aufkochen auf der Oberfläche des Wassers.

Hebung des Wassers in dem Kessel (the priming im Engl.). Die englischen Ingenieure verbinden eine hohe Wichtigkeit mit dieser Hebung des Wassers in dem Kessel, wovon ein Theil in den Cylinder gelangt. Bei den Dampfböten und bei den Locomotiven, welche fortwährenden und unregelmäßigen Schwankungen ausgesetzt sind, muß es freilich häufig sein; allein bei Oefen und Kesseln, die weit wirksamer sind, als die Kraft der Maschine, bei Kesseln, deren für den Dampf über dem Wasser bewahrter Raum bedeutend ist, bei Röhren von einem

hinreichenden Durchmesser, haben wir in unserer Praxis nur sehr wenig Gelegenheit gehabt, ein solches Mitsichführen des Wassers zu beobachten, und bis jetzt haben wir uns nie bewogen gefunden, bei feststehenden Maschinen besondere Einrichtungen dagegen zu treffen.

Wenn der Schwimmer am Ende des Kessels angebracht ist, so muß man ihn zum Theil leer machen und wiederholt kaltes Wasser hinein- und hinausströmen lassen, um seine Abkühlung zu beeilen, ehe er ganz trocken wird, und ehe man zu Wiederverbindung des Steins mit dem Drahte einen Arbeiter hineinsteigen lassen kann. Man wird leicht einsehen, wie wichtig es ist, diese Operation mit der größten Sorgfalt zu machen, um einen Zufall dieser Art und die daraus folgende Betriebseinstellung zu vermeiden.

In den Niederdruckkesseln wendet man gewöhnlich keine steinernen Schwimmer an; man bedient sich oft einer Röhre von 2,50 bis 3 Meter Länge, t t, welche 12 — 15 Centimeter tief in das Wasser des Kessels niedergeht (Taf. I, Fig. 12). Wenn der Wasserstand bis zu der untern Oeffnung der Röhre sinkt, so reicht der oben mit Geräusch ausströmende Dampf, der zuweilen eine solche Richtung hat, daß er auf den Heizer selbst strömt, hin, denselben zu benachrichtigen, daß der Kessel gespeis't werden müsse. Diese letzte Einrichtung muß aber verboten werden, da sie sehr ernstliche Nachtheile für den Heizer haben kann, den das Pfeifen des Dampfes schon hinlänglich benachrichtigt.

Wasserstandhähne. Zuweilen bringt man an dem Kessel zwei kleine Hähne an, und zwar den einen 5 Centimeter über, und den andern 5 Centimeter unter dem Wasserstande. Man öffnet sie von Zeit zu Zeit, und je nachdem Dampf oder Wasser

durch beide, oder durch einen von beiden ausströmt, folgert man leicht auf den Zustand des Kessels. In den Kesseln mit Niederdruck bringt man diese beiden Hähne auch an, oder an kleinen gekrümmten Röhren, die übereinander an den Kesselwänden befestigt sind (Taf. IV, Fig. 1) eine in jene eingekittete Glasröhre, in welcher das Wasser, welches es in dem Kessel hat, sein Niveau annimmt und directe Angaben macht. Es ist dies das sicherste und am meisten angewendete Verfahren. Man sieht dahin, an diesen kleinen Apparaten, den verschiedenen Oeffnungen gegenüber, sowohl denen der Glasröhre, als denen der messingenen Röhren, welche mit dem Kessel in Verbindung stehen, kleine Schrauben d anzubringen, um, wenn es erforderlich ist, sie loszuschrauben und die Röhren mit einem kleinen eisernen Stäbchen zu reinigen. Da wenigstens eine von diesen Röhren durch die Flammencanäle geht und eine sehr starke Hitze zu ertragen hat, so findet im Innern derselben eine Verdampfung des Wassers statt, wodurch ein Absatz entsteht, welcher die Oeffnung verstopfen kann. Wollte man daher keine Reinigung vornehmen, so würde der Apparat die Schwankungen des Wasserstandes in dem Kessel nicht weiter anzeigen. Man erkennt das Vorhandensein dieser Verstopfung leicht, wenn man den untern Hahn verschließt und ihn nach einer halben Stunde wieder öffnet und die Wassersäule dieselbe bleibt.

Man umgibt die Röhre da, wo sie durch den Canal geht, mit einer doppelten Blechtafel, welche einen ringförmigen Raum bildet, der mit feuerfestem Thon ausgefüllt wird, um sie wenigstens theilweise gegen die Einwirkung der heißen Luft zu schützen.

Man hat auch ein kleines Kugelventil angebracht, welches, wenn die Röhre zerbricht, das Ausströmen des Wassers verhindert.

Zweiter Abschnitt.

Unfälle, die bei einem jeden der Maschinentheile vorkommen können; ihre Symptome und die Mittel zu ihrer Abhülfe.

Speisepumpen.

Speisung. Nachdem wir in der ersten Abtheilung die besten Einrichtungen angegeben haben, welche den Dampfkesseln und deren Oefen gegeben werden müssen, reden wir von den einzelnen Maschinentheilen, und wir beginnen mit denen, welche den Kessel mit Wasser versehen, in dem Maße, in welchem er sich entleert; und indem wir dem Gange des Dampfes folgen, beschäftigen wir uns darauf mit den Theilen, in denen er seine Wirkung entwickelt.

Die Speisung der Kessel ist einer von den Gegenständen, welche die größte Aufmerksamkeit und die sorgfältigste Beaufsichtigung erfordert, weil einerseits diese Speisung regelmäßig sein muß, entweder, um es zu vermeiden, daß der Kessel trocken bleibe und verbrenne, oder explodire, Unfälle, welche größtentheils von einer schlechten Speisung herrühre, oder, um nicht plötzlich den Druck des Dampfes durch ein augenblickliches Einströmen einer zu großen Menge kalten Wassers zu vermindern; und endlich, weil andererseits die zu dieser Speisung angewendeten Apparate häufigen Störungen unterworfen sind. Um eine ununterbrochene Speisung zu erlangen, wendet man Apparate an, welche in dem Kessel einen beständigen Wasserstand erhalten, indem man ebensoviel Wasser einführt, als die Maschine an Dampf verbraucht.

Speisung bei niederem Druck. Bei den Niederdruckmaschinen und bei allen Dampfheizungen ohne Druck besteht der Apparat in einem gewöhnlichen Kegelventil am Boden eines kleinen Behälters, welches mit einem Kupferdrahte verbunden ist, dessen anderes Ende mit dem Balancier des Schwimmers zusammenhängt (Taf. I, Fig. 12). Dieses Ventil verschließt die Röhre, welche das Wasser aus dem Behälter dem Boden des Kessels zuführt, so daß, wenn der Schwimmer mit dem Wasserstande sinkt, er das Ventil hebt und dem Wasser des Behälters den Weg öffnet, welches durch die Speiseröhre in den Kessel niederfällt. Man bringt den Wasserbehälter 2,30 bis 3 Meter über dem Kessel an, eine Höhe, die hinreichend ist, daß das Gewicht der Wassersäule die Spannung, mit der man gewöhnlich arbeitet, überwindet.

Ununterbrochene Speisung bei Hochdruck. In den Maschinen mit Mittel- und Hochdruck, bei denen der Kessel durch eine Druckpumpe gespeis't wird, ist der ununterbrochene Speisungsapparat gewöhnlich ein kleiner Kolben (Taf. V, Figur 6), der mit dem Schwimmer-Balancier verbunden ist, und der, mit ihm sinkend, die Saugröhre c der Speisepumpe öffnet und dem Wasser gestattet, in die Pumpe zu treten. In dem Maße, als sich der Kessel füllt, steigt der Schwimmer mit dem Kolben, welcher die Saugröhre verschließt. Dieser Kolben regulirt auf diese Weise den Gang der Speisepumpe, mittelst einer Reihe von Röhren, welche das Condensationswasser herbeiführen und es unter die Pumpenventile leiten. Jedoch sind diese Röhren stets so lang, und die Cylinder, welche sich in ausgeschmirgelten Stopfbüchsen bewegen, können so leicht durch Rost oder Schmutz aufgehalten werden, daß dieser Apparat häufig in Unordnung geräth. Es ist dem-

nach zweckmäßiger, ihn ganz wegzulassen, um die Speisung des Kessels nach den Angaben des Schwimmers zu reguliren, indem man den Hahn der Saugröhre mit der Hand öffnet oder verschließt.

Nachtheile des Apparats mit constantem Niveau. Da nach der erstern Einrichtung das Wasser genöthigt ist, den Weg von der Maschine zum Kessel, in engen Röhren, drei Mal zu machen, und das aus dem Condensator aufgenommene Wasser gewöhnlich sehr mit Fett verunreinigt ist, so folgen daraus häufige Verstopfungen. Um dieselben fortzuschaffen, muß man diese langen Röhren auseinandernehmen, was ohne Zerstörung der Löthungen an einigen Puncten nicht bewirkt werden kann, und die durch die Pumpe angesaugte Luft hält die Speisung unmittelbar auf. Wenigstens muß man Bleiröhren ohne Löthung anwenden, die sich leichter auseinandernehmen und sich auch leichter krümmen lassen.

Zweitens kann in Folge eines Constructionsfehlers, indem man diesen Apparat gewöhnlich an demselben Ende des Balanciers anbringt, als den Kupferdraht d des Schwimmers, wenn die Speisepumpe in Unordnung geräth und nicht mehr wirkt, und wenn der kleine Kolben a auf dem Boden seines Cylinders e aufsteht, das Sinken des Schwimmers verhindert werden und der Heizer wird alsdann von der Beschädigung der Pumpe und von der gefährlichen Entleerung des Kessels nicht benachrichtigt. Wird die Speisung aber durch einen Hahn regulirt, den der Heizer nach Belieben bewegt, so kann der Schwimmer durch seine Unbeweglichkeit keinen Irrthum veranlassen.

Es ist weit zweckmäßiger, diesen kleinen Kolben an dem andern Ende des Balanciers anzubringen; wenn alsdann der Kessel leer wird, so sinkt der

Schwimmer fortwährend und der Kolben geht endlich aus dem Cylinder heraus.

Kurz, dieser Apparat erfordert von Seiten des Heizers fast ebensoviel Sorgfalt und Beaufsichtigung, als wenn sie genöthigt sind, den Gang der Speisung selbst zu reguliren. Er bietet ihnen nicht ebenso sichere Mittel zu ihrer Leitung dar und veranlaßt eine gefährliche Nachlässigkeit, indem er bei ihnen ein falsches Zutrauen auf eine regelmäßige Speisung sichert, so daß diese Apparate jetzt ganz aufgegeben worden sind.

Wir rathen daher, die etwa noch vorhandenen abzuwerfen und einzig und allein dem Heizer die Sorge zu überlassen, die Saugröhre der Speisepumpe zu öffnen und zu schließen, indem er sich nach dem Stande des Schwimmers richtet.

Nothwendige Regelmäßigkeit bei der Speisung. Alle die zu diesem Zweck versuchten Vorrichtungen haben das Gefährliche, den Kessel der fortwährenden Beaufsichtigung des Heizers zu entziehen, ohne daß sie eine Gewähr gegen Unfälle geben.

Um in dem Kessel eine zu große Abkühlung zu vermeiden, welche den Druck des Dampfes plötzlich vermindern und den Gang der Maschine unregelmäßig machen, muß der Heizer wenig und oft Speisewasser in den Kessel lassen, ohne mit dem Oeffnen des Hahnes von dem Saugrohre so lange zu warten, bis daß der Schwimmer gänzlich gesunken ist. Die Niveauveränderungen des Schwimmers dürfen nicht über 1 Decimeter gehen; wir haben sie in **gh** der Fig. 6 durch punctirte Linien angegeben. Die Heizer können auch den Saugehahn **a**, Fig. 2, Tafel V, durch Versuche reguliren, um das Wasser des Kessels stets auf gleichem Stande zu erhalten; jedoch dürfen sie es nie vernachlässigen, den Schwimmer

recht oft zu untersuchen und ihn mit der Hand zu bewegen, um sich zu überzeugen, daß er gehörig seine Wirkung thue.

Speisepumpe von Séguier. Die Construction der Pumpen hat den größten Einfluß auf die Regelmäßigkeit der Speisung; unglücklicherweise haben aber die meisten bedeutende Mängel; Herr Séguier hat sich viel mit dieser Frage beschäftigt und hat ihre hauptsächlichsten Fehler angegeben:

Sorglose Construction und schwierige Ausführung.

Klappen von schlechten Dimensionen, die schlecht angebracht sind.

Langwierige und unvollständige Untersuchung und Reinigung.

Unmöglichkeit einer guten Ausschmirgelung.

Form, welche oft eine Anhäufung der Luft in der Pumpe gestattet, wodurch das Spiel aufgehalten wird.

Er hat daher eine Einrichtung der Pumpe angegeben, bei welcher alle diese Mängel vermieden sind, bei denen das Nachsehen und die Reinigung der Klappen in einem Augenblicke geschehen und bei denen die Einschmirgelung in die Sitze vollkommen ist; wir kennen keine bessere Einrichtung und geben daher in den Figg. 22, 23 und 23ª eine Abbildung davon. Taf. VII.

Beschädigungen der Speisepumpe. Mehrere Unfälle hindern den Betrieb der Speisepumpen: die Schmiere des Condensators, die Stopfung oder andere Unreinigkeiten können in den Ventilen c und d hängen bleiben, obgleich man oft am Anfange des Saugerohrs c (Taf. V, Fig. 2 und 4) Kugeln mit Sieblöchern anbringt, und obgleich man immer dahin sieht, daß die Löcher frei von allen Unreinigkeiten seien. Die Ventile heben sich zuweilen und fal-

len nicht wieder auf ihren Sitz zurück; sie nutzen sich ab, schließen nicht mehr und erfordern daher eine Einschmirgelung; ein andermal ist die Saugröhre c zerbrochen oder verschlossen. Es sei übrigens die Ursache der Störung, welche sie wolle, so bemerkt man sie leicht, wenn der Schwimmer immer noch sinkt, obgleich der Hahn der Saugröhre a offen ist; oder wenn man nicht mehr das Geräusch der Ventile hört, oder wenn das Einspritzrohr f, welches stets kalt ist, d. h., von der Temperatur des Wassers im Condensator, so lange die Pumpe in gutem Betriebe ist, heiß wird, weil das Wasser im Kessel, welches nicht mehr zurückgedrückt wird, sie sehr stark erhitzt. Es ist dies eins der sichersten Zeichen.

Druckröhre. Wenn die Druckröhre nicht mehr, als 0,027 Meter im Durchmesser und wenn sie keine doppelte Neigung hat, welches übrigens für den guten Dienst günstiger ist, so entstehen zuweilen doppelte Strömungen, während die Pumpe nicht im Betrieb ist, und sie wird heiß, ohne daß eine Störung der Pumpe stattfindet. Diese Erscheinung hat keinen Nachtheil. Gibt man einem Theile dieser Röhre eine andere Neigung, als dem andern, so zeigt sie sich nicht weiter.

Eine nothwendige Vorsicht, damit die Speisung leicht erfolge, und damit sie auf keine Hindernisse in der Strömung stoße, welche durch die Wirkung des Feuers von dem Vorder= nach dem Hintertheile des Kessels stattfindet, besteht darin, die Speiseröhre rechtwinklig zu biegen, und sie so abzurunden, daß die Einspritzung nach Hinten, in der Richtung der allgemeinen Strömung, erfolgt. Dies ist hauptsächlich mit dem zurückströmenden Wasser nothwendig, welches zuweilen wegen dieser einzigen Ursache nicht wirkt.

Zu ergreifende Vorsichtsmaßregeln, wenn der Schwimmer zu niedrig ist, um markiren zu können. Wenn man diese Störung nicht sogleich bemerkt, so könnte es der Fall sein, daß der Schwimmerstein nicht mehr von dem Wasser getragen würde, sondern daß der Draht auf der Stopfbüchse aufruhte. In dieser Stellung können noch 15—18 Centimeter Wasser in dem Kessel bleiben, welches hinreichen würde, um den Betrieb ohne unmittelbare Speisung fortzusetzen; ebenso könnte der Kessel auch gänzlich leer sein. Nun ist es aber sehr wichtig, zu wissen, woran man sich in diesem Puncte zu halten habe, da in dem letztern Fall es mit der größten Gefahr verbunden sein würde, die Maschine in Bewegung zu setzen und den Kessel zu speisen, der vielleicht schon rothglühend wäre, woraus wahrscheinlich eine Explosion erfolgen würde, wie wir schon weiter oben bemerkt haben. Um sich von dem Zustande des Kessels zu überzeugen, muß man auf folgende Weise verfahren: Nachdem man den Einspritzhahn f verschlossen und die Kappe h weggenommen hat, muß man denselben Einspritzhahn f mit Vorsicht öffnen. Da das Einspritzrohr bis auf etwa 1 Decimeter von dem Boden des Kessels hinabgeht, so wird das Wasser, wenn solches noch dort vorhanden ist, sich in dem Augenblick erheben und durch den Hahn herausspritzen, sobald derselbe geöffnet worden ist, und es wird von erdigen Bestandtheilen sehr trübe und dick sein. Wäre dagegen in dem Kessel kein Wasser mehr vorhanden, so würde auch durch den Hahn nur Dampf ausströmen. Es ist dieser Versuch, wegen der Gefahr, bei'm Oeffnen des Hahns verbrannt zu werden, oder sich zu täuschen, indem man auf diese Weise von dem Zustande des Wassers in dem Kessel folgert, äußerst kitzlich.

In allen Fällen ist das Erste, was man thun muß, die Maschine aufzuhalten, obgleich man sich, wenn man die Ventile reinigen will, dieser Mühe überheben kann, indem man zuvörderst den Hahn a der Speiseröhre und alsdann den f der Einspritzröhre verschließt.

Von den Einspritz- und Saughähnen. Wir müssen hier ausdrücklich bemerken, daß man in keinem Falle den Hahn f der Einspritzröhre verschließen darf, sobald die Maschine im Betrieb ist, ehe man den Hahn a der Saugröhre vollständig verschlossen hat, und selbst, ehe man die Maschine 4 oder 5 Umgänge hat machen lassen, nachdem er verschlossen worden ist, damit alles Wasser aus der Pumpe entfernt worden sei. Denn wenn der Kolben sinkt, so kann das durch die Pumpe angesaugte Wasser durch die geschlossene Einspritzröhre nicht weiter entweichen, und würde die Pumpenstange g sogleich zerbrechen, wenigstens wenn der Deckel h, welcher die Ventile bedeckt, dieser großen Kraft nicht nachgäbe und dem zusammengepreßten Wasser nicht den Durchgang verstattete. Um diesen Unfall zu verhindern, halten einige Maschinenbauer diesen Deckel h durch einen mit einem Gewichte belasteten Hebel verschlossen, so daß er daher auch als Sicherheitsventil dient. Dieser Unfall kann sich hauptsächlich dann ereignen, wenn man den Heizern gestattet, die Ventile der Pumpe während ihres Ganges zu reinigen, weil es schwer halten dürfte, daß sie den Einspritzhahn zu rechter Zeit öffnen und verschließen.

Uebrigens ist es immer gefährlich, die Reinigung der Ventile während des Ganges der Maschine von Heizern vornehmen zu lassen, die nicht sehr geübt und vorsichtig sind; es ist stets besser, die Maschine einen Augenblick aufzuhalten.

Wenn man mehrere Kessel hat, welche zu einem gemeinschaftlichen Zwecke verwendet werden, wie, z. B., in einer großen Färberei, so muß man an dem Eintritt einer jeden Speiseröhre in dem Kessel Hähne anbringen, um einen jeden derselben nach Belieben speisen zu können. Wenn man diese Hähne senkrecht an dem Kessel selbst befestigt, so werden sie sehr schnell zerstört und lassen stets viel Wasser entweichen. Damit sie gehörig und in allen Lagen wasserhaltig seien, muß man ihnen eine horizontale Stellung geben, den Schlüssel nach Oben und auf dem horizontalen Theile der Einspritzröhre, wenigstens 0,30 Meter von dem Kessel entfernt, weil sie alsdann einer geringern Temperatur ausgesetzt sind und nicht so schnell zerstört werden.

Ueberhaupt müssen alle Hähne, damit sie gehörig dicht sind, horizontal liegen und der Schlüssel nach Oben.

Demnach ist also der hauptsächlichste Gebrauch des Einspritzhahns der, es zu verhindern, daß der Dampf, womit der Kessel angefüllt ist, in die Speisepumpe gelange, wenn man sie reinigen will. Die Wichtigkeit davon wird man leicht einsehen. Der Hahn der Saugröhre dagegen kann während der Arbeit der Maschine ohne Nachtheil von dem Heizer geöffnet oder verschlossen werden.

Reinigung der Ventile. Um die Speisung des Kessels zu reguliren, um die Ventile zu reinigen, und um alle übrigen Reparaturen an der Speisepumpe vorzunehmen, muß der Heizer stets die Maschine anhalten und darauf den Einspritzhahn vollkommen verschließen. Derselbe muß mit großer Sorgfalt gearbeitet und ausgeschmirgelt sein, damit das kochende Wasser in dem Kessel, auf welches die ganze Kraft des Dampfes drückt, nicht in die Pumpe in dem Augenblicke gelange, in welchem man die

Druckschraube löſ't, welche den Deckel festhält, und selbst dann, wenn der Einspritzhahn gehörig verschlossen ist, darf man den Deckel nur mit Vorsicht wegnehmen, um jede Gefahr des Verbrennens zu verhüten. Bei der Untersuchung der Ventile von der Speisepumpe, welche nicht mehr gehörig wirkt, findet man sie fast immer durch Stopfung, Kitt, Schmiere, Erde oder andere Unreinigkeiten beschmuzt, welche die Pumpe in dem Condensator aufgenommen hat; eine einfache Reinigung ist alsdann hinreichend.

Verstopfung der Saugröhre. Wenn die Saugröhre verstopft ist, so überzeugt man sich davon leicht, indem man die Hand in den Condensator an dem Puncte o (Fig. 4) bringt, wo diese Röhre Wasser schöpft. Man fühlt alsdann nicht mehr das starke Ansaugen, welches dann stattfindet, wenn die Pumpe gut wirkt, und das Wasser, welches man alsdann in die Saugröhre gießt, nachdem man die Ventile weggenommen hat, kann alsdann nicht mehr ausfließen. Kann man die Röhre nicht mehr durch einen hindurchgeführten Eisendraht reinigen, so muß man sie nothwendig auseinandernehmen.

Von der Abnutzung der Ventile. Man bemerkt es ebenfalls mit der Hand, wenn das ungleich abgenutzte Saugventil nicht mehr schließt, oder wenn es, wie man es zuweilen sieht, gehoben bleibt; denn man wird alsdann bei jedem Kolbenhube das durch die Pumpe angesaugte und in den Condensator gedrückte Wasser fühlen können. Diese Abnutzung läßt sich übrigens leicht corrigiren, wenn man das Ventil trocken ausschmirgelt, bis daß es das Wasser, welches man darauf gießt, nicht mehr fallen läßt.

Zuweilen steigt auch das Wasser, bei einem Drucke von zwei oder drei Atmosphären, aus dem Kessel durch die Einspritzröhre f, durch das obere

Ventil d und tritt unter den Kolben l der Pumpe, jedesmal, wenn eine Luftleere entsteht. Diese Pumpe erhitzt sich sehr stark, und es entweicht durch die Stopfbüchse m Dampf mit einem Theile von dem Wasser in den Kessel, welches viel erdige Stoffe enthält. Man kann alsdann überzeugt sein, daß das obere Ventil den Durchgang nicht mehr genau verschließt, und daß das Wasser im Kessel, auf welches die ganze Kraft des Dampfes drückt, durch die Speisepumpe eher, als das Condensationswasser, angesaugt wird, indem auf letzteres nur der atmosphärische Druck wirkt.

Man überzeugt sich davon, wenn man auf das Ventil d Wasser gießt. Schließt es nicht genau, ist es abgenutzt, oder hat die Büchse von Rothguß einen Fehler, so fließt das Wasser sofort aus. Man schmirgelt es dann mit feinem Schmirgel so lange aus, bis daß es wasserdicht ist.

Benutzung des Condensationswassers. Die bedeutendste Ursache von der Verstopfung der Ventile in den Speisepumpen ist die Benutzung des aus dem Condensator kommenden warmen Wassers. Da dasselbe stets fettig ist, so verunreinigt es die Ventile und die Kessel fortwährend. Die Speisung ist weit sicherer und weit regelmäßiger mit Wasser, welches anderswoher, als aus dem Condensator, genommen worden ist, weshalb auch jetzt fast alle Maschinenbauer die Speisung auf diese Weise einrichten. Wir haben schon weiter oben die Mittel angegeben, dieses Wasser auf 80 oder 90° C. zu erwärmen.

Von den Stößen der Speisepumpe. Zuweilen hört man auch in der Pumpe, oder in der Einspritzröhre, bei jedem Kolbenzuge, wenn der Saughahn a verschlossen ist, einen Stoß, welcher jedoch aufhört, sobald man den Hahn öffnet. Die wahr-

scheinlichste Ursache ist, unserer Ansicht nach, folgende: Wenn der Hahn vollkommen schließt, so entsteht in dem Pumpenkörper eine vollständige Luftleere und, indem der Kolben auf das Wasser niedersinkt, ohne daß Luft dazwischen befindlich ist, veranlaßt er einen starken Stoß. Läßt man die Schraube von dem Hahn a etwas nach, so daß ein wenig Luft hineinströmen kann, so hört der Stoß auf. Dieser Stoß, welcher keinen andern Nachtheil, als den hat, die Pumpe zu erschüttern, hört gewöhnlich nach wenigen Augenblicken auf, ohne Zweifel, weil sich der Hahn lös't und die Luft sich einen Eingang in den Pumpenkörper erzwingt. Man muß sich aber wohl hüten, diesen Stoß mit dem zu verwechseln, der entstehen kann, wenn bei der Aufstellung einer Maschine der Kolben zu tief sinkt und den Boden von dem Speisepumpenkörper berührt, wodurch ein Bruch veranlaßt werden könnte.

Von der durch die Speisepumpe angesaugten Luft. Es dringt auch Luft in die Pumpe ein, entweder durch die schadhafte Löthung der Saugröhre e, oder durch die Stopfbüchse m, und diese Luftmenge ist häufig so bedeutend, daß sie den Betrieb der Pumpe aufhält. Es ist leicht, sich davon zu überzeugen, indem man während des Betriebes der Pumpe die Röhre mit einer brennenden Lampe beleuchtet. Wird die Flamme durch eine Ritze der Röhre angesaugt, so muß die Löthung reparirt werden. Dringt Luft durch die Stopfbüchse, so muß man sie neu liedern.

Von dem Röhrendurchmesser. Soll eine Speisepumpe die gehörige Wirkung leisten, so dürfen die Röhren keinen zu geringen Durchmesser haben, besonders, wenn sie von dem Behälter, aus welchem sie schöpft, sowie von dem Kessel, weit entfernt ist; besonders auch, wenn man zuweilen einen Kessel mit

mehrern Pumpen zu speisen hat, weil alsdann das Wasser, welches in engen Röhren eine große Geschwindigkeit erlangen muß, viel Kraft durch unnütze Reibung erfordert, und nicht mehr Zeit hat, den Pumpenkörper bei jedem Kolbenzug anzufüllen, welches einen starken Stoß veranlaßt, der im Stande ist, die Pumpe in Unordnung zu bringen. Wenn bei einer Maschine von 10 — 16 Pferdekräften die Röhre 9—10 Meter lang ist, so muß man ihr 30 Millimeter geben, und bei schwächern Maschinen niemals weniger, als 27 Millimeter. Man muß aber auch in den Röhren die vielen Biegungen zu vermeiden suchen, welche der Bewegung des Wassers hinderlich sind.

Von den Stopfbüchsen. Wenn Wasser durch die Stopfbüchse entweicht, so muß man die Schrauben derselben anziehen, und wenn dies nicht hilft, sie neu liedern, ein Proceß, wobei die Maschine angehalten werden muß.

Zuweilen ist auch die kupferne Scheibe n, die auf dem Boden der Stopfbüchse liegt, abgenutzt, so daß die Stopfung hindurchgeht, welche durch das Innere der Pumpen bis zu den Ventilen reicht und sie verstopft. Man hilft diesem Nachtheile leicht ab, indem man eine starke Lederscheibe auf den Boden dieser Büchse unmittelbar auf die kupferne legt und auf den Boden der Büchse eine starke hanfene Litze.

Anhäufung von Luft in den Röhren. Es ist auch häufig der Fall, daß nach einem mehrtägigen Aufenthalte der Maschine, und in dem Augenblick, in dem sie in Betrieb gesetzt wird, die Speisepumpe ihre Wirkung verweigert. Es hat sich alsdann Luft in der Saugröhre und in dem Pumpenkörper angehäuft. Man schraubt in diesem Falle den Deckel des Ventilsitzes los, nimmt das obere Ventil heraus, gießt Wasser in den Pumpenkörper und,

indem man den Saugröhrenhahn öffnet, setzt man die Pumpe einige Augenblicke in Betrieb; die in der Saugröhre enthaltene Luft entweicht und es gelangt Wasser hinein. Man hält nun an und schraubt den Deckel mit der Druckschraube wieder fest.

Speiseapparate ohne Triebkraft. Rückkehr des Wassers. Aufsteigen des Saftes bei den Zuckerraffinerien. Die Speiseapparate, von denen wir bis jetzt redeten, sind sehr gut, wenn man eine Triebkraft zu einer Bewegung hat; allein bei allen Dampfheizungen, in den Färbereien, sowie bei vielen anderen Gewerbszweigen, benutzt man Dampfkessel, welche man ohne eine Triebkraft speisen muß, und daher mit Druck. Zuweilen wendet man aber auch zu der Speisung eine besondere kleine Dampfmaschine an, wie wir schon weiter oben bemerkten.

Der am Meisten angewendete Apparat ist ein Blechcylinder, welcher über den Generatoren angebracht ist, und dessen Inhalt etwa $\frac{1}{6}$ von dem des Kessels beträgt. Die Rückkehr des Wassers bei einem Kessel von 30 Pferdekräften muß wenigstens 1 Meter Durchmesser und 1,30 Meter Länge haben. Mit diesem Cylinder sind verbunden:

1) Eine kupferne Röhre **a**, welche ihm den Dampf aus dem Kessel zuführt (Taf. **VIII**, Fig. 3.)

2) Eine ähnliche Röhre **b**, welche unten angebracht ist, und die dazu dient, das Wasser aus dem bemerkten Cylinder bis auf den Boden des Kessels zu führen.

3) Eine dritte Röhre **c**, durch welche, 4 oder 5 Meter niedriger, das zur Speisung bestimmte Wasser aus einem Troge **d** herbeigeführt wird.

Eine jede von diesen Röhren ist mit einem Hahne versehen.

Ein vierter Hahn e endlich dient dazu, die Luft aus dem Apparat ausströmen zu lassen.

Will man nun den Kessel speisen und sind alle Hähne geschlossen, so öffnet man denjenigen e, welcher die Luft aus dem Cylinder ausströmen läßt, und den a, welcher Dampf aus dem Kessel herbeiführt. Ist der Cylinder mit Dampf angefüllt, so verschließt man diese beiden Hähne und öffnet den Hahn c, welcher das Wasser aus dem Behälter herbeiführen soll. Indem sich der Dampf durch die Abkühlung der Oberfläche verdichtet, verdünnt er die Luft, das Wasser steigt empor und, indem es augenblicklich allen Dampf zerstört, füllt es den Cylinder innerhalb zweier Minuten. Man schließt alsdann den Saughahn c und öffnet die beiden Hähne a und b, welche mit dem Kessel in Verbindung stehen. Das Wasser strömt aus dem über dem Kessel angebrachten Cylinder, vermöge seines Gewichts, in den Kessel, und wird durch den Druck des Dampfes in demselben nicht gehindert; denn dieser Druck durch die Dampfröhre a, welche nach dem obern Theile des Cylinders führt, wirkt von Oben und von Unten und seine Wirkung wird demnach aufgehoben. Das Wasser kann alsdann, wie schon bemerkt, durch sein eigenes Gewicht herabfallen. Man wird einsehen, daß mit doppelten Röhren ein und derselbe Apparat mehrere Kessel zu speisen vermag. Man bedient sich seiner auch, um Flüssigkeiten, z. B., den Saft der Runkelrüben, in die oberen Stockwerke einer Zuckerfabrik zu führen; jedoch darf man ihn höchstens aus einer Tiefe von 4 — 5 Meter ansaugen; denn wegen der Spannung des vorhandenen Dampfes hört alsdann die zweckmäßige Wirkung auf.

Apparat des Hrn. Canson. Herr Canson zu Annonay in Frankreich gebraucht seit meh-

rern Jahren einen Speiseapparat, bei welchem die Bewegung durch die abwechselnde Füllung und Entleerung eines schwingenden Cylinders angewendet wird. Es sind zu demselben Zweck auch mehrere andere Instrumente angewendet worden; allein keiner von ihnen hat die Sicherheit, das Wasser zurückzuführen, wie dieser sinnreiche Apparat, der dennoch nirgend angewendet wird.

Apparat des Hrn. Pimont, Speisungs-Caloridor genannt, um das Speisewasser zu erwärmen. Dieser sehr einfache und sehr sinnreiche Apparat, welcher bei allen Dampfmaschinen, ohne Condensation, anwendbar ist, erwärmt das Speisewasser bis auf 95° C. und veranlaßt folglich die bedeutende Ersparung von 36 — 40° gegen die gewöhnliche Speisung.

Er besteht aus einem langen Schlangenrohre von Kupfer, welches in einem hölzernen oder kupfernen Trog angebracht ist, der durch einen Deckel geschlossen ist, und der Wasser enthält, welches das Schlangenrohr umgibt. Das Speisewasser wird durch die Speisepumpe zu dem untern Ende der Schlange gebracht, es geht durch die Kolbenzüge und durch das neu hinzukommende Wasser gedrückt hindurch und strömt am obern Ende durch eine Röhre hinaus, welche mit einem Ventile versehen ist, das die Rückkehr des Dampfes aus dem Kessel in die Schlange verhindert. Der aus der Maschine entweichende benutzte Dampf wird in den Trog und auf die Oberfläche des Wassers geführt, welcher die Schlange umgibt und sie stark erwärmt, wodurch auch das Wasser in dem Schlangenrohr, in dem Maße, als es sich erhebt, erwärmt wird. Dieser Apparat, von einer sehr einfachen Construction, welcher auf einem trefflichen Principe beruht, hat seit langer Zeit zu Rouen treffliche practische Resultate im Großen und

zwar in verschiedenen Etablissements, gegeben, so daß seine Benutzung sehr anzurathen ist.

Cylinder.

Gang des Dampfes. Von dem Einleitungsrohre. Der in dem Kessel erzeugte Dampf wird durch eine kupferne Röhre a (Fig. 16, Taf. IV.) in den Mantel b der Cylinder, welcher dieselben umgibt, geführt, und verbreitet sich in diesem Raum und erwärmt ihn, ehe er in die Büchse gelangt, welche ihn abwechselnd über und unter den Kolben vertheilen.

Zuweilen wendet man bleierne Röhren zu den Dampfleitungen an; allein man muß dies nie thun, weder bei Maschinen, noch bei Heizungen, weil die Zinnlöthung, wenn sie heiß wird, sehr leicht zerbricht, und weil sich diese Röhren unter der Einwirkung der Wärme und des Drucks unaufhörlich verlängern, ausdehnen, dadurch dünner werden und alsdann zerreißen.

Die Dampfleitungsröhre muß stets einen großen Durchmesser haben, welcher bei Maschinen von 12 bis 16 Pferdekräften nie unter 0,055 Meter betragen darf; durch engere Röhren würde der Dampf nicht leicht genug strömen können. Wirklich nehmen die Reibungen mit der Geschwindigkeit, welche der Dampf annehmen muß, bedeutend zu; bei doppelter Geschwindigkeit ist sie viermal größer, und wenn die Röhren 4—5 Meter lang sind, wie dies gewöhnlich der Fall ist, so ist die Temperatur und die Spannung des Dampfes im Cylinder geringer, als im Kessel. Diese Differenz der Spannung ist ein wirklicher Verlust, weil sie wirlich und ohne Resultate dazu benutzt wird, die Reibungen zu überwinden, welche der Dampf in den kleinen Röhren erleidet.

Wenn die Röhren einen hinreichenden Durchmesser haben, so beträgt der Unterschied der Spannung des Dampfes in dem Kessel und in dem Cylindermantel etwa $\frac{1}{20}$.

Die Maschinenbauer haben jetzt zur Berechnung des Durchmessers dieser Röhren aus der Praxis entlehnte Regeln. Man muß daher mit der größten Sorgfalt in dem Mantel und in dem Cylinder die ganze Kraft der Temperatur und der Spannung beizubehalten suchen, damit der Dampf rascher einströme und eine größere mechanische Kraft entwikkele, und damit auch der Dampf schneller erhitzt werde, der sich auf dem großen Kolben (bei den Woolf'schen Maschinen) expandirt, und um im Cylinder die Temperatur zu behalten, welche er bei jedem Kolbenzuge verliert.

Wasser, welches in den Mantel gelangt. Wenn ein kalter Luftstrom plötzlich den Mantel trifft, so entsteht darin eine plötzliche Condensation, und wenn der Dampf des Kessels bei seinem Hindurchströmen durch diese engen Röhren gehindert wird, so kann er vor dem Wasser nicht dahin gelangen, welches einen kürzern Weg hat, um durch die Entleerungsröhre, welche das Wasser aus dem Mantel in den Kessel zurückführt, emporzusteigen. Bei Maschinen, deren Dampfleitungsröhre nicht weit genug ist, kann sich dieser Zufall leicht ereignen, und es wird dadurch ein nachtheiliger Schlamm in den Mantel und selbst bis in den Cylinder und auf den Kolben gebracht.

Nothwendigkeit, die Spannung in dem Kessel zu erhöhen. Um andererseits der Maschine ihre ganze Kraft zu erhalten, ist es erforderlich, daß bei engen Röhren, wodurch der Dampfdruck in dem Mantel vermindert wird, derselbe durch Temperaturerhöhung im Kessel ver=

mehrt werde. Dadurch werden aber Verluste durch die verkitteten Fugen und durch die Oberflächen herbeigeführt, und besonders der Brennmaterialverbrauch erhöht, indem der Temperaturunterschied zwischen dem Feuer und dem Wasser im Kessel vermindert wird. Es kann daher nicht mehr soviel Wärme durch das Metall strömen, und es wird ein Theil von dem Nutzeffect der Steinkohle aufgehoben.

Unzulänglichkeit der Röhre zur Dampfentwickelung. Es kann selbst der Fall sein, daß mit einem guten Ofen und einem lebhaften Feuer eine enge Röhre nicht im Stande ist, allen erzeugten Dampf hindurchströmen zu lassen, und daß man alsdann gefährlichen Unfällen ausgesetzt ist. Man könnte solche Unfälle anführen, welche von dieser Ursache herrühren. Uebrigens ist der geringste Nachtheil stets der, daß die Maschinen schwer gehen. Dagegen hat es gar nichts Nachtheiliges, der Dampfleitungsröhre einen großen Durchmesser zu geben, der statt 35 Millimeter, den einige Maschinenbauer für Maschinen von 16 Pferdekräften angenommen haben, wenigstens 60 Millim. betragen muß, d. h. dem Dampf einen viermal größern Durchgang gestattet. Wir wenden zur Berechnung des Durchmessers der Dampfleitungsröhren, über 1 Atmosphäre Druck, die folgende Regel an: wir machen die Röhre 35 Millimeter und dann noch 2 Millimeter für jede Pferdekraft weit. Dies beträgt für 16 Pferdekräfte 35 + 32 = 67 Millimeter. Diese Weite hat, wie bemerkt, nie etwas Nachtheiliges.

Bei den Niederdruckmaschinen, sowie bei allen Dampfheizungen, ist es noch weit wichtiger, den Röhren einen weiten Durchmesser zu geben; bei einer Maschine von 16 Pferdekräften muß er sich auf wenigstens 12—15 Centimeter belaufen, weil alsdann in dem Kessel nur ein sehr geringer Druck existirt,

den man zur schnellen Füllung des Cylinders nöthig hat.

Von dem Entleerungshahn und der Entleerungsröhre. Das Wasser, welches von der Verdichtung des Dampfes in dem Mantel herrührt, wird entweder durch eine weite Entleerungsröhre in den Kessel zurückgeführt, oder, was weit besser ist, durch einen kleinen Hahn c, welcher am untersten Puncte des Mantels angebracht und fest in das Gußeisen eingeschraubt wird. Man regulirt seine Oeffnung so, daß er nur Wasser hindurchläßt, ohne Dampf entweichen zu lassen.

Dieses Wasser ist oft trübe, weil es erdige Stoffe enthält, die der Dampf mit sich in den Mantel führt; gelangt es nun in den Condensator, so vermeidet man es, den Kessel mit diesen Niederschlägen zu verunreinigen, und auch in dem Mantel bleibt weit weniger davon zurück.

Wenn man dagegen an dem Verluste dieses warmen Wassers eine größere Wichtigkeit knüpfte, als wir es wirklich für zweckmäßig halten, so könnte man auch zu gleicher Zeit an dem Mantel eine Röhre anbringen, um das Wasser in den Kessel zurückzuführen und ebenfalls auch einen Entleerungshahn c. Man könnte diesen letztern von Zeit zu Zeit öffnen, um einen raschen Dampfstrom hinausgehen zu lassen, der im Stande ist, alle angehäuften Absätze abzulösen und fortzuschaffen. Es würde auch zweckmäßig sein, durch den Hahn einen Eisendraht in den ganzen Umfang des Mantels zu bringen, um den Schlamm loszumachen, so daß der Dampfstrom leichter darauf einwirken kann.

Der Zusatz einer Röhre zur Zurückführung des Wassers, scheint uns bei kleinen Maschinen wenig zweckmäßig zu sein, da man den Mantel ebensogut mit Dampf reinigen kann, ohne ihrer zu bedürfen, und da die Brennmaterialersparung, welche aus der

Zurückführung des Wassers hervorgeht, bei einer Maschine von 10—12 Pferdekräften sich höchstens auf 5—6 Kilogr. Steinkohlen in 24 Stunden erhebt. Nun ist es aber unmöglich, irgend eine Maschine in gutem Betriebe zu erhalten, ohne ein Schwanken des Brennmaterialverbrauchs zu haben, welches viel bedeutender ist, und welches oft ganz zufällige und gar nicht leicht wahrnehmbare Ursachen hat. Außerdem würde der geringste Unfall, der von der Benutzung der Entleerungsröhre veranlaßt werden könnte, die ganze, während eines Jahres erlangte, Ersparung wiederum aufheben.

Vorsichtsmaßregeln, die im Winter zu ergreifen sind. Der Entleerungshahn ist auch sehr zweckmäßig, um den ganzen Mantel leer zu machen, wenn man während des Winters die Maschine mehrere Tage stillstehen lassen muß; denn wenn das darin enthaltene Wasser gefröre, so würde der Mantel nothwendig zersprengt werden, wie wiederholte Beispiele beweisen können. Bei den Dampfleitungsröhren und für die Entleerungsröhren kann man nicht dieselben Vorsichtsmaßregeln anwenden; jedoch muß man sie mit Tuchschroten oder mit Strohseilen, oder mit einer dicken Schicht von Kohlenstaub oder Sägespänen umgeben, und muß überzeugt sein, daß sie nicht mit Eis verstopft sind, wenn man die Maschine nach einigen Tagen der Ruhe wieder anfeuert. Wir rathen in diesem Fall, eine Maschine, die dem Gefrieren ausgesetzt gewesen ist, langsam, sehr vollständig und mehrere Stunden lang anzufeuern; denn das in dem Cylinder, in dem Condensator und in den Dampfbüchsen zurückgebliebene Wasser kann gefroren sein, und wenn man es nicht vorher schmilzt, so würden die erwähnten Maschinentheile in dem Augenblick, in welchem man die Maschine

wieder in Betrieb setzt, zerspringen; bei den Schiebern haben wir selbst die Erfahrung gemacht.

Beide Röhren müssen jede mit einem Hahne versehen sein, um den Dampf, der sich in dem Mantel ohne Nutzen zu verdichten fortfährt, aufhalten zu können, sobald die Maschine einige Zeit stehen bleiben soll.

Von dem Parallelismus der Cylinder. Eine von den wichtigsten Bedingungen für die Güte einer Woolf'schen Maschine ist ohne Widerrede der vollkommene Parallelismus ihrer beiden Cylinder, ohne den man nie dahin gelangen kann, beide senkrecht zu stellen; und bei den Maschinen aller Systeme ist die vollkommene Perpendicularität der Cylinder die erste Bedingung des guten Ganges, der Ersparung und der Dauer. Oft sieht man Cylinder, die in der Fabrik gut zusammengefügt und, nachdem sie weit transportirt worden, nicht mehr parallel sind, weil die drei Schrauben d, d, d (Fig. 16 und 17, Taf. IV.), welche durch den Mantel gehen und sie erhalten, ihre Stellung gewechselt haben. Nichts ist leichter, als diese Schrauben loszumachen, die Verkittung e zwischen Mantel und Cylinder wegzunehmen und die gehörige Stellung wiederum herzustellen; jedoch ist es dazu erforderlich, daß die Schraubenköpfe auf dem Mantel zu sehen seien.

Das beste Mittel, um die beiden Cylinder zu richten, besteht darin, den Mantel soviel, als möglich, senkrecht zu stellen; dann die beiden Cylinder hineinzubringen und beide vollkommen senkrecht zu machen, indem man sie nach und nach mit einer Setzwage regulirt (Fig. 8, Taf. V.). Eine solche Setzwage besteht aus zwei Bretern von 2—2½ Meter Länge, welche durch Reibung in jeden Cylinder gesteckt werden, und auf deren Mitte zwei Linien ver-

zeichnet, die den Seiten vollkommen parallel sind. Auf der Hälfte der Höhe dieses Bretes und auf dieser Linie nimmt eine Oeffnung das Blei auf, welches an einem feinen Faden hängt, welcher oben von dem Bret auf die mittere Linie herabhängt. Man richtet den Cylinder so lange, indem man die Setzwage nach allen Richtungen dreht, bis die Schnur mit dem Bleie stets die senkrechte Linie des Bretes bedeckt. Wenn diese Operation mit beiden Cylindern gemacht worden ist, so kann man auf ihren Parallelismus rechnen. Man muß sie alsdann mit der größten Sorgfalt verkitten und die Schrauben anziehen, damit sie dieselben in einer unveränderlichen Stellung erhalten, ohne sie jedoch zusammenzudrücken, weil alsdann das Runde des Cylinders gestört werden und der Kolben nicht recht mehr anschließen würde. Nun ist aber diese letztere Gefahr weit mehr in der Wirklichkeit begründet, als man zu glauben geneigt sein dürfte; es zeigt sich täglich bei dem Ausbohren der Cylinder, und sie werden unter dem Drucke des Apparates, welcher sie festhält, um eine sehr namhafte Größe abgeplattet. Wenn die Schraubenköpfe in das Gußeisen versenkt sind, so muß man sie entblößen, durch das Gußeisen ein etwas weiteres Loch bohren, dasselbe mit Gewinden versehen und neue Schrauben hineinbringen, deren Kopf man vorspringen läßt. Man kann die beiden Cylinder auch dadurch richten und senkrecht stellen, daß man auf die abgedrehten Ränder ein eisernes Lineal und eine Wasserwage bringt. Dies Verfahren ist noch genauer, als das vorhergehende.

Bruch des Bodens von dem kleinen Cylinder. Der Cylinderboden ff (Fig. 16 und 17, Taf. IV.), welcher schwalbenschwanzartig eingelassen und eingekittet ist, wenn er, welches zweckmäßiger, nicht aus einem Stücke mit dem Cylinder ge-

gossen ist, zerspringt zuweilen durch einen Kolbenstoß, oder es wird der Kitt abgelös't, so daß der Dampf während eines Theils von dem Kolbenlauf in den Mantel, und von dort in den Condensator strömt, wenn der Riß in dem großen Cylinder entsteht.

Zerspringt dagegen der Boden des kleinen Cylinders, oder wird dessen Kitt abgelös't, so ist freilich der Dampfverlust geringer, weil er noch auf den großen Kolben wirken kann; allein es wird dadurch der Gang der Maschine sehr gehindert, indem er bei'm Niedergange des Kolbens demselben entgegenwirkt; und wenn der Riß sehr weit ist, so kann der Gang der Maschine selbst aufgehalten werden. Man kann die Risse des kleinen Cylinders nicht eher gehörig erkennen, als bis man den Kolben herausgenommen und in den Mantel Dampf hat einströmen lassen.

Einströmen von Dampf in den Mantel zur Erkennung von Rissen in den Cylindern. Um bei diesem Experimente mit Sicherheit zu verfahren, muß der Dampf, den man in den Mantel einströmen läßt, einen Druck von wenigstens 4 Atmosphären haben. Wenn die Ritzen sehr gering sind, so erkennt man sie, wenn man den Cylinderboden vollkommen trocken macht, und da, wo der Fehler an der Verkittung ist, zeigt sich nach einigen Augenblicken Wasser und alsdann ein leichtes Aufkochen.

Man kann auch noch die Uebergänge des Dampfes, welche anf dem Boden der Cylinder stattfinden, wenn sie stark genug sind, erkennen, ohne die Kolben herauszunehmen. Man nimmt die Platten der Dampfbüchsen und die Schieber hinweg, während der Dampf in dem Mantel ist, und alsdann strömt der Dampf, welcher in den großen Cylinder

gedrungen ist, durch die zum Condensator führende Oeffnung aus (wir nehmen nämlich an, daß die Kolben die Hälfte ihres niedergehenden Laufs gemacht haben), und der durch den Boden in den kleinen Cylinder dringende Dampf strömt aus dem untern Durchgange des Dampfes von der Büchse desselben aus. Die einzige Aufmerksamkeit, welche man haben muß, besteht darin, daß man die Verdampfung des wenigen Wassers in den Cylindern nicht für ein wirkliches Ausströmen halte, welches man zwar durch eine längere Untersuchung leicht finden kann.

Kennzeichen von dem Bruche des Bodens von dem großen Cylinder. Das erste Zeichen, an welchem man die Verbindung zwischen dem Mantel und dem großen Cylinder und dem directen und nutzlosen Uebergange des Dampfes zum Condensator erkennen kann, ist die außerordentliche Erhitzung dieses letztern, und die weiße Farbe seines von erdigen Substanzen getrübten Wassers. Um sich davon zu überzeugen, ist es hinreichend, die Maschine einen Augenblick in der Stellung anzuhalten, in welcher der Niedergang der Kolben beginnt, oder in welcher der untere Theil des Cylinders in freier Verbindung mit dem Condensator ist. Wenn der Cylinder einen Riß bekommen hat, oder seine Verkittung undicht geworden ist, so erhitzt der Dampf noch fortwährend den Condensator, ohne daß die Maschine im Betrieb ist, und es gelangt noch fortwährend Wasser hinein, welches durch die erdigen Niederschläge des Kessels getrübt worden ist.

Ist blos der Kitt lose geworden, so ist dessen Reparatur leicht; man muß alsdann den Mantelcylinder wegnehmen, den Boden von Neuem verkitten, den Cylinder wieder an seinen Platz bringen und ihn durch die angegebenen Mittel gerade richten. Man muß nur den Kitt 1 oder 2 Tage an

der Luft trocknen lassen, ehe man den Cylinder wiederum befestigt.

Wenn der Cylinderboden zu schwach wäre, um eine feste Verkittung zu bewirken, so müßte man drei Schrauben durch die Cylinderwände gehen lassen, und zwar bis in die Bodenränder, um jene Wände unverrückbar zu befestigen, alsdann aber die Verkittung vornehmen.

Reparatur mit einer Platte. Wenn in dem Cylinder ein kleiner Riß vorhanden ist, so kann man denselben vollständig mit einer guten Verkittung repariren, durch eine Blechtafel und durch einen starken eisernen Reif, der den Cylinder umgibt und durch Schrauben angezogen wird, oder, besser noch, durch eine Platte und durch kupferne Schrauben, wie es bei der Reparatur der Kessel geschieht, welche wir weiter oben beschrieben haben. In allen Fällen ist es leicht, das Entweichen des Dampfes, oder die Fehler des Gusses zu finden, wegen welcher der Dampf in die Cylinder strömen könnte, wenn man die Kolbendeckel wegnimmt und in den Mantel Dampf von einer starken Spannung strömen läßt, der alsdann sehr bald durch die Risse entweicht.

Verkittung der Cylinder mit dem Mantel. Was nun die obere Verkittung betrifft, welche die Cylinder mit dem Mantel vereinigt, die unaufhörlich den ungleichen Ausdehnungen und Zusammenziehungen dieser drei Stücke unterworfen ist, sowie sie auch die starke Spannung des Dampfes auszuhalten hat, so zerreißt sie und läßt oft etwas Dampf entweichen, welche, indem sie aus dem Mantel ausströmt, durch nichts den Gang der Maschine verändern kann. Es ist sehr schwierig, dieses Entweichen des Dampfes vollständig zu verhindern, welches auch, wenn die Maschine im Betriebe, ganz unbemerkbar ist; es gelingt dies nur für einige Zeit,

wenn man die Verkittung gänzlich erneuert. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Entweichungen häufig von der Verlängerung herrühren, welche die Cylinder durch die Einwirkung der Wärme nach Oben zu erleiden, wenn sie durch ihre Druckschrauben festgehalten werden. Auch darf man diese Schrauben nicht fester anziehen, als es erforderlich ist, um die Cylinder in ihrer senkrechten Stellung zu erhalten.

Wenn die Cylinder Schrammen erhalten, welches sehr leicht geschieht, wenn die Kolbenfedern zerbrechen, so muß man sie von Neuem ausbohren; denn wollte man dies unterlassen, so würde sehr viel Dampf unbenutzt verloren gehen, indem er sogleich zu dem Condensator strömen würde.

Cylinder und Mantel, die aus einem Stücke gegossen sind. Der Guß eiserner Maschinentheile ist jetzt so weit gediehen, daß man aus einem einzigen Stücke und ohne irgend eine Fuge den Mantel und die zwei oder drei Cylinder der Maschinen von Woolf oder Steele mit ihren Dampfverbindungsröhren gießt. Man vermeidet auf solche Weise alle Fugen und die Gefahr des Dampfverlustes durch die Röhren und Cylinder, mit Ausnahme der Fugen des Bodens und des Deckels der Cylinder, welche stets für sich gegossen werden müssen.

Obgleich eine solche Einrichtung große Vortheile gewährt, so bedingt sie doch andern Theils den Nachtheil, das ganze Stück auswechseln zu müssen, wenn einer von den Cylindern zerbricht, oder so ausgerieben wird, daß er nicht wieder gebraucht werden kann.

Verkittung des Bodens und des Deckels. Die Verkittung des Bodens und des Deckels, welche die Cylinder verschließen, kann nicht gut an=

ders, als nach genauem Abdrehen der Cylinderkränze und des Randes von dem Deckel und dem Boden auf eine gewisse Breite, und wenn die abgedrehte Oberfläche der Kränze genau senkrecht auf den Cylinderwänden steht, bewirkt werden.

Die Zusammensetzung des rothen Kittes und die Art und Weise, ihn bei der Verkittung der Maschinentheile anzuwenden, wird in dem Abschnitte von der Behandlung der Dampfmaschinen näher erörtert werden.

Hier bemerken wir blos, daß, wenn man den Deckel auf den Cylinder, oder diesen auf den Boden herabgelassen hat und nun die Schraubenbolzen anzieht, um die vollständige Befestigung zu bewirken, dies sehr langsam geschehen muß, und zwar zu verschiedenen Zeiten und die verschiedenen Bolzen gleichförmig, damit der Kitt gleichförmig zusammengedrückt werde und die Stücke senkrecht aufeinanderpassen. Bei dem Aufpassen und Verkitten des Deckels muß noch dahin gesehen werden, daß die Kolbenstange genau in die Mitte der Stopfbüchse komme, welche mit dem Deckel verbunden ist, und daß die Stange frei in der Büchse spielen kann, ohne auf irgend einer Seite dieselbe zu berühren, weil beide Stücke sonst sehr bald abgenutzt werden würden. Um das Aufpassen mit größerer Sicherheit bewirken zu können, muß man während des Anziehens durch Schraubenbolzen den Balancier in verschiedene Stellungen bringen, vorzüglich, wenn der Kolben sich unten in dem Cylinder befindet; denn in dieser Stellung wird die Stange gänzlich von dem Kolben und von dem Deckel gehalten, und würde dann in dem Falle, daß sie nicht genau senkrecht stände, die Stopfbüchse am Ersten auf eine nachtheilige Weise berühren.

Wenn der Rand des Deckels so schlecht abgedreht ist, daß man bei'm Anziehen der Schrauben nicht dahin gelangen kann, die Kolbenstange in der Mitte der Stopfbüchse zu erhalten, so muß man auf derjenigen Seite, wo sie zu schwach ist, die Kittschicht verstärken, oder, wenn dies nicht hinreicht, einen halben Kranz von Blei unterlegen, und alsdann die Verkittung bewirken.

Die Schraubenbolzen müssen, während der Kitt noch weich ist, angezogen werden. Zeigen sich während des Betriebs der Maschine einige Undichtigkeiten, so daß Luft in den Cylinder gelangt und die Maschine belastet, so darf man die Schraubenbolzen, da der Kitt schon erhärtet ist, nicht weiter anziehen. Jedoch muß man in diesem Falle den Deckel nicht sogleich abnehmen und eine neue Kittung vornehmen, welches viel Zeit und Kitt kostet, sondern man muß Hanf und Kitt zwischen den Deckel und die Bleischeibe mit einem etwas dünnen Punzen oder Meißel eintreiben, wodurch man dahin gelangt, die Dampfverluste gänzlich zu vermeiden, ohne daß dadurch große Schwierigkeiten oder Kosten veranlaßt werden.

Wenn der Deckel und der Cylinder in der Maschinenbauanstalt sorgfältig zusammengepaßt worden sind, so hat man keine so großen Vorsichtsmaßregeln nöthig; denn in guten Maschinenbauanstalten werden diese Stücke so genau zusammengepaßt, welches durch ein genaues Abdrehen und Abschleifen erlangt wird, daß nur eine sehr dünne Schicht von weichem Kitt erforderlich ist, um jeden Dampfverlust zu vermeiden. Es ist dies, wenn diese Bemerkung überhaupt noch nöthig wäre, ein neuer Beweis, daß die möglichste Vollkommenheit beim Maschinenbau das beste Mittel ist, um überall Ersparungen anzubringen.

Stopfbüchse. Zuweilen ist der kupferne Ring, der auf dem Boden der Stopfbüchse an dem

Deckel liegt, zu frei und wird mit der emporsteigenden Kolbenstange mit in die Höhe genommen und mit einem heftigen Stoße bei'm Niedergange wieder zurückgeführt.

Um diesen Fehler zu verbessern, braucht man nur den Ring nach Außen zu etwas größer zu machen, so daß er nur schwierig in die Stopfbüchse einzubringen ist und darin hängen bleibt. Wenn die Kolbenstange nicht ganz leicht durch die Scheibe geht, so muß man die innere Oeffnung etwas größer machen, damit der Durchgang ganz frei sei.

Der zur Stopfung oder Liderung angewendete Hanf muß fein und weich, kurz von der besten Qualität sein. Vorher muß er von allem Staub oder andern fremdartigen Körpern gereinigt werden; denn wenn Steinchen oder andere harte Körper darin vorhanden wären, so würden sie die Kolbenstange ritzen und abnutzen, und es würde Luft durch die Stopfung eindringen können. Ebenso darf er nicht zu hart sein. Man dreht den Hanf, reibt ihn mit Talg ein und drückt ihn wiederholt durch den Deckel der Stopfbüchse und mittelst deren Schrauben ein, bis daß die Büchse vollkommen angefüllt und sehr fest gedrückt ist. In dem Maße, daß dieses Festdrücken während des Betriebs der Maschine gesteigert wird, läßt man die Schrauben nach, oder man fügt neuen Hanf hinzu, um das Eindringen von Luft in die Cylinder, besonders in große, zu vermeiden.

Man bemerkt, daß die Luft in den Cylinder dringt, wenn das geschmolzene Talg, womit man den Deckel der Stopfbüchse füllt, durch den Cylinder rasch absorbirt ist, in den Condensator dringt und dessen Wasser beschmuzt.

Wenn die Stopfung hart und wenig gefettet ist, und wenn man die Schrauben zu fest anzieht, so wird sie durch die Reibung der Kolbenstange ver-

brannt, indem sich ein dicker Rauch entwickelt. Man wird diesem ohne Mühe abhelfen können, wenn man die Schrauben etwas loszieht und die Stopfbüchse mit Talg füllt, bis daß keine Verbrennung mehr stattfindet.

Ist die Stopfung verbrannt oder verkohlt, so muß man sie gänzlich auswechseln.

Man muß die Stopfung alle 8 oder 10 Tage in dem Maße, als sie sich zusammendrückt, nachfüllen, und nach einem Betriebe von 30 oder 40 Tagen, und wenn man bemerkt, daß, wenn man die Schrauben anzieht, man das Eindringen der Luft nicht mehr verhindern kann, und daß der so hart wie Holz gewordene Hanf dem Drucke widersteht, so zieht man ihn mit einem stählernen Haken heraus und ersetzt ihn gänzlich durch neuen; er ist alsdann schwarz und vollständig verbrannt.

Der Unterhalt aller Stopfbüchsen einer Maschine ist ein so wichtiger Gegenstand, daß der Fabricant, welcher sie nicht ganz besonders beaufsichtigt, ohne irgend einen Nutzen eine bedeutende Talgmenge verbraucht, die fortwährend in den Condensator gelangt und, was noch nachtheiliger ist, durch das alsdann unerläßliche Eindringen der Luft, einen bedeutenden Kraftverlust der Maschine herbeiführen und, wie es bei jeder schlechten Beschaffenheit der Maschine der Fall ist, den Steinkohlenverbrauch stark vermehren würde.

Reparatur zerbrochener Cylinder. Es ist von Nutzen, hier die Mittel anzugeben, um den Mantel eines Cylinders, wenn er unten zerspringt, oder sich von seinem Boden losmacht, wieder zu befestigen und so herzustellen, daß der Betrieb nicht weiter unterbrochen zu werden braucht. Diese Ereignisse kommen besonders bei Frost vor, wenn man in dem Augenblick, in welchem die Maschine zum Stillstande

gebracht wird, nicht alles Wasser ablaufen läßt. Das beste Mittel ist hier gänzliche Auswechslung; um aber keine Zeit zu verlieren, wenn man nicht sogleich einen neuen Mantel bei der Hand hat, muß man doch die Mittel kennen, den zerbrochenen vorläufig zu repariren.

Man läßt einen gußeisernen Kranz gießen, welcher mit hinreichendem Spielraum in den Mantel tritt, um ihn auf der Peripherie zu verkitten. Man läßt 4 oder 5 Ohren daran, welche gegen die Mantelwand treten. Durch diese und durch die Ohren läßt man Schrauben gehen, deren Kopf außerhalb bleibt, wo man ihn so wenig als möglich hervorstehen läßt. Diese Schrauben befestigen den obern Theil des Mantels an diese gußeiserne Platte. Um das Ganze mit dem Mantelboden zu verbinden, bohrt man in denselben 8 bis 10 Löcher, versieht diese mit Schraubengewinden und verkittet die stählernen Schrauben, die man sehr stark anzieht. Dadurch werden die beiden getrennten Theile des Mantels fest miteinander verbunden. Man braucht dann nur im Innern die Platte mit Gußeisenkitt zu verkitten, um jeden Dampfverlust zu vermeiden. Ein so reparirter Mantel zeigt gar keine Risse mehr und die Reparatur hat nicht das geringste Nachtheilige.

Von dem Einflusse des Mantels auf den Verbrauch der Maschine. Bei mehrern Dampfmaschinensystemen, namentlich bei denen von Woolf und Watt, werden die Cylinder mit einem Mantel umgeben, in welchem der aus dem Kessel strömende Dampf circulirt, ehe er in den Vertheilungskasten und auf den Kolben gelangt. Man schrieb dieser Einrichtung im Allgemeinen eine bedeutende Wichtigkeit in Beziehung auf die dynamische Kraft des Dampfes zu; allein, obgleich sehr häufig angewendet, hat man die Wirklichkeit dieses

Vortheils noch nicht bestätigt. Der Franzose Farcot fand während der Reparatur eines Mantels, und während er den Dampf unmittelbar aus dem Kessel in den Cylinder strömen lassen mußte, eine Brennmaterialersparung, welche im Verhältnisse von 6:10 stand.

Herr Combes unterwarf diese Maschine einer Reihe von Versuchen, die, mit vieler Umsicht unternommen, folgende Resultate gaben:

1) Nettoverbrauch an Dampf in dem Cylinder und in der Stunde, indem der Dampf zuvörderst in den Mantel gelangt, ehe er auf den Kolben strömt . . .	79 Kil.
2) Dampfverbrauch, wenn derselbe unmittelbar aus dem Kessel auf den Kolben strömt, und indem man den Mantel mit Dampf angefüllt läßt	98 „
3) Dampfverbrauch, wenn gar kein Dampf in dem Mantel vorhanden ist	150 „

Dieser so merkwürdige Mehrverbrauch an Dampf und an Brennmaterial, den Herr Combes so genau bestimmt hat, muß dem Umstande zugeschrieben werden, daß, wenn der Cylinder außerhalb mit einer Wärmequelle umgeben ist, der Dampf in dem Augenblicke seines Einströmens auf die Cylinderwände, welche in dem Augenblicke vorher mit dem Condensator in Verbindung standen und daher abgekühlt waren, nicht flüssig wurde, indem der Mantel diesen Wärmeverlust wieder aufhob.

Es muß zwar diese Wirkung nothwendig erfolgen; allein sie erklärt die Erscheinung nicht vollständig, weil man sonst bei der zweiten Reihe von Versuchen keinen größern Verbrauch gehabt haben würde, als bei der ersten Reihe, weil der Dampf in dem Kessel in beiden Fällen eine gleiche Temperatur gehabt haben muß.

Herr Combes hat diese merkwürdige Differenz nicht erläutert. Jedoch glauben wir uns nicht zu täuschen, indem wir sie darin zu finden suchen, daß bei der erstern ein ununterbrochener Dampfstrom in den Mantel gelangte, ein Strom, der darin keine einzige Spur von Luft ließ, und der bekanntlich weit stärker und weit höher heizt, als der stationäre Dampf; daß dagegen bei der zweiten Versuchsreihe, wobei der Mantel nur in Verbindung mit dem Dampf im Kessel steht, derselbe nur langsam und im Maße seiner Condensation dahin gelangen kann. Da der Mantel in seinem obern Theile nicht gänzlich von der Luft befreit werden kann, so muß die mit dem Dampfe dorthin gelangte zurückbleiben, deren stärkste Wirkung bei der Dampfheizung darin besteht, die Menge des verdichteten Dampfes auf mehr, als die Hälfte, zu reduciren, und folglich die Heizkraft des Dampfes ungeheuer zu vermindern.

Es scheint uns fast gewiß zu sein, daß, wenn man in den Mantel einen Dampfstrom gelangen ließ, der von dem Kessel ausging, während ein anderer Theil dieses Dampfes in die Dampfvertheilungsbüchsen und in den Cylinder strömte, man genau die Resultate der ersten Versuchsreihe erlangen würde.

Die Mäntel sind sehr vortheilhaft mit hölzernen Dauben umgeben, selbst mit Sägespänen angefüllt.

Kolben.

Verschmierung oder Verschmuzung der Kolben. Die gewöhnlichsten Unfälle bei den Kolben ist ein dicker und harter Schmuz, welcher den ganzen, von den Federn eingenommenen Raum bei den Metallkolben ausfüllt, und veranlaßt das Spiel derselben, sowie auch das der Metallsegmente hindert,

so daß der Kolben dadurch undicht wird und die Maschine einen bedeutenden Theil ihrer Kraft verliert. Eine Undichtigkeit ist die Folge eines jeden Beschmuzens von dem Kolben; allein wenn sich der Schmuz und die verdickte Schmiere anhäuft und das Spiel der Federn und der Segmente ganz aufhört, so fällt die Kraft plötzlich, sie verrichtet ihre Leistungen nur mit der größten Anstrengung, und der Steinkohlenverbrauch wird sehr beträchtlich.

Mittel, zu erkennen, ob der Kolben undicht ist und Dampf entweichen läßt. Man erkennt es sehr leicht, ob der Kolben undicht ist, wenn man Dampf unter denselben treten läßt und den auf dem Deckel befindlichen Hahn öffnet. Strömt nun Dampf aus demselben hinaus, so ist es ein Beweis, daß die Liderung undicht sei.

Will man den großen Kolben der Maschinen mit zwei Cylindern prüfen, so ist dies nicht so einfach, indem man alsdann erst den Dampfschieber des kleinen Cylinders losmachen muß, um den Dampf mit vollem Drucke direct unter den großen Kolben strömen zu lassen; es ist daher weit einfacher, ihn sogleich zu reinigen.

Diese Reinigung ist sehr leicht; es ist hinreichend, den Kolben aus dem Cylinder heraus- und auseinanderzunehmen und ihn zuvörderst in einer schwachen Auflösung von Pottasche und Aetzkalk und dann in sehr reinem Wasser zu waschen. Jedoch muß man mit der größten Aufmerksamkeit dahin sehen, die Lage der Segmente nicht zu verändern, wenn man den Kolben wieder zusammensetzt, ferner, alle zerbrochenen oder zu schwach und sonst unbrauchbar gewordenen Federn auszuwechseln und endlich den Kolben in dieselbe Stellung zurückzubringen, welche er vorher hatte, weil sich die Reibung gewissermaßen auf dem Gußeisen abgeformt hat, so daß er vollkommen schließt. Wech-

felte man nun die Lage der Segmente, so würde ein mehrtägiger Betrieb erforderlich sein, um wiederum einen so dichten Schluß hervorzubringen. Bis dahin würde aber der Kolben undicht sein und die Maschine würde schwer gehen.

Von den Federn. Die Federn müssen sehr stark gehärtet werden, damit sie gehörig auf die Segmente drücken und eine dichte Liderung veranlassen, ohnerachtet des Widerstandes, den die bedeutende Reibung hervorbringt. Jedoch muß man zu starke und zu lange Federn vermeiden, indem man dadurch in wenigen Monaten die Segmente abnutzen und ihre Auswechselung nöthig machen würde. Wenn man die Segmente mit einem kleinen Seile zusammenzieht, sobald der Kolben in den Cylinder gebracht werden soll, so können dadurch die Federn leicht zerbrochen werden, weshalb man hierbei mit Vorsicht verfahren muß. Auch muß man, wenn der Kolben im Begriffe steht, in den Cylinder einzutreten, dahin sehen, daß alle Segmente leicht und frei spielen, wenn man sie mit der Hand niederdrückt. Fühlt man einen andern Widerstand, als den von den Federn herrührenden, so kann man überzeugt sein, daß er von der Schadhaftigkeit eines Stücks herrührt, und man muß den gußeisernen Deckel, welcher den Kolben bedeckt, wegnehmen, um Alles wieder in Ordnung zu bringen. Man sieht auch oft die kleinen Kegel b (Fig. 9, Taf. V.) aus ihrer Lage heraustreten, die Federn zerbrechen, durch ihre falsche Stellung eines der Segmente a so stark drücken, daß es sich vollständig abnutzt, und daß es selbst eine Reibung an der Cylinderwand veranlaßt. Es ist gefährlich, zu stark gehärtete Federn anzubringen, oder eine zu geringe Sorgfalt auf ihre Befestigung zu verwenden, weil, wenn sie zerbrechen, ein Stück zwischen die gußeisernen Segmente treten und den

Cylinder tief furchen kann. Es ist dies die gewöhnliche Ursache dieser Unfälle der Cylinder, und man hat kein anderes Mittel, eine solche Beschädigung wiederherzustellen, als daß man sie ausbohrt.

Die Vorbereitung der Federn ist einfach und erfordert nur etwas Sorgfalt. Man nimmt Draht von Gußstahl von etwa anderthalb Millimeter, oder etwa $\frac{1}{2}$—$\frac{2}{3}$ Linien Durchmesser, den man gut ausglüht. Darauf befestigt man an einer Brustleier eine runde Eisenstange von einem etwas geringern Durchmesser, als der der anzufertigenden Federn, befestigt das Ende des Stahldrahtes an der Brustleier und dreht diese, während sein Arbeiter den Draht in der Hand hält und ihn langsam über ein Stück Holz laufen läßt, so daß er sich um die ganze Länge der runden Eisenstange wickelt. Man zieht alsdann den Draht von dem Stab ab, entfernt die verschieden gewundenen Ringe voneinander, indem man das Ganze wie eine Schraube um einen Meißel oder um ein Stück Eisen dreht, dessen Stärke das Auseinanderstehen einer jeden Drehung der Feder bedingt. Man härtet alsdann die Federn, indem man sie kirschrothglühend macht, und dies Glühen muß möglichst gleichförmig bewirkt werden, indem davon die ganze Güte der Federn und ihre geringere Zerbrechlichkeit abhängt; es muß auf einem Feuer von gehörig glühenden Holzkohlen geschehen, und sie müssen dann in kaltes Wasser geworfen werden. Da aber auf diese Weise ihre Härtung zu stark ist, so muß man sie wieder anlassen, weshalb man sie abtrocknet, mit Oel einreibt und sie so lange auf glühende Kohlen legt, bis sich das Oel entzündet, worauf man sie wieder in's Wasser wirft, bis sie den gehörigen Grad der Härtung erreicht haben.

Man kann sie auch dadurch anlassen, daß man sie in geschmolzenes Blei hält; dieses Verfahren ist sogar sicherer und gibt eine regelmäßigere Härtung, als die in Oel, welche eine geschickte Hand erfordert. Die Stahlfedern, welche bei den Ventilen angewendet werden, erhalten dieselbe Härtung.

Länge, welche die Kolbenstangen haben müssen. Um einen geringern Dampfverlust zu haben und um kein Wasser auf den Cylinderböden zu lassen, läßt man den Kolben so tief, als möglich, hinabgehen, ohne daß er jedoch den Boden berührt. Man läßt nur einen Spielraum von $1\frac{3}{4}$ bis 2 Linien. Zuweilen gehen aber die Kolben so nahe bis zum Boden hinab, daß die Splite sowohl von der Kolbenstange, als auch von dem Parallelogramm sich losziehen und durch Berührung des Bodens auch zerbrechen können. Man kann diesen Unfall leicht durch die Stöße wahrnehmen, die man auf dem Cylinderboden hört; man muß in diesem Falle sofort die Maschine aufhalten, alsdann das Split oder den Schließkeil **a** (Taf. V, Fig. 1), welche die Kolbenstange **b** mit dem Parallelogramm verbindet, entfernt. Dies geschieht dadurch, daß man während der Zeit die Kolbenstange mit der Schraubenpresse oder Zwinge (Taf. V, Fig. 11) festhält. Man steckt zwei Bolzen (z. B. die der Stopfbüchse) durch diese Zwinge und zieht sie stark an, so daß der auf die Stopfbüchse gestützte Kolben nicht niedergehen kann. Nachdem der Schließkeil weggenommen ist, läßt man den Balancier in die Höhe gehen, welcher die Mütze der Kolbenstange mit sich nimmt, und man kann alsdann das Ende dieser Stange mit dem Meißel und mit der Feile bearbeiten, um seine Länge zu vermindern und es zu verhindern, daß der Kolben nicht so tief niedergehe. Zu gleicher Zeit muß man auch die Oeffnung für den Schließkeil um eine gleiche Größe niedri-

ger machen, damit derselbe Schluß behalten könne. Man läßt alsdann den Balancier wieder niedergehen, so daß die Kolbenstange wiederum von der Mütze oder dem Kopfe gefaßt wird, bringt den Schließkeil wieder an seine Stelle zurück und trifft solche Vorkehrungen mit demselben, daß er sich nicht losziehen kann.

Herausgefallener Kolben-Schließkeil. Wenn dieser Schließkeil wirklich aus seiner Oeffnung herausginge, so würde der Kolben nicht mehr mit dem Parallelogramm verbunden sein, und würde durch den Dampf mit einer fürchterlichen Kraft und Geschwindigkeit entweder gegen den Deckel, oder gegen den Boden des Cylinders geschleudert werden, und es könnte gar nicht fehlen, daß diese Maschinentheile auch durch den Stoß der Stange den Balancier zerbrächen. Man kann Beispiele von diesen Unfällen anführen. Man muß in diesem Falle, sowie bei allen übrigen unvorhergesehenen Unfällen sich beeilen, den Hahn zu verschließen, durch welchen der Dampf zum Cylinder strömt, und diejenigen zu öffnen, welche an dem Cylinder angebracht sind, um die Maschine anzuhalten.

Zu kurze Kolbenstangen. Zuweilen ist auch die Kolbenstange, oder gar der Cylinder selbst, zu kurz, und der über die Oeffnung, die den Dampf oben in den Cylinder führt, emporsteigende Kolben verschließt sie zum Theil und erschwert dadurch den Gang der Maschine, indem er das Einströmen des Dampfes verhindert. Das einzige Mittel besteht in dem Auswechseln der Kolbenstange, der Kurbel oder des Cylinders selbst, je nachdem es die Umstände erfordern. Wenn demnach die Maschine aufgestellt ist, so darf es vor dem Verkitten der Cylinder nicht vergessen werden, sich zu überzeugen, daß der Kolbenlauf gehörig regulirt sei.

Spielraum, den die Kolben an ihren Stangen erlangen. Zuweilen wird der Schließkeil d (Fig. 1, Taf. V), oder die Schraubenmutter a (Fig. 5), welche der eine oder die andere dazu dienen, die Kolben mit ihren Stangen zu verbinden, lose, obgleich der Schließkeil geöffnet und die Schraube vernietet ist. Man hört alsdann, daß die Kolben, in dem Augenblicke, daß der Dampf darunter tritt, mit einem Stoße gegen den Schließkeil d, oder gegen die Verstärkung b, geschleudert werden, statt daß sie fest gegen dieselben gedrückt sein müßten. Man wird sich durch das Gehör leicht überzeugen können, daß das Geräusch in dem Innern der Cylinder stattfindet, und wird auch leicht zu begreifen im Stande sein, daß es nur unten und nicht oben bei dem Kolbenlaufe stattfindet, indem oben das Gewicht des Kolbens während seines Laufes durch den Dampf im Gleichgewicht erhalten wird, und er um die ganze Größe des Spielraums, in dem Maße, daß sich der Dampf expandirt, niedergeht, während sein Gewicht am untern Ende des Laufes ihn in dem Spielraume niederhält, so daß, wenn der Dampf unter ihn tritt, er in die Höhe gestoßen wird. Man muß in diesem Falle die Kolben aus den Cylindern herausnehmen und breitere Schließkeile eintreiben, sowie auch die Schraubenmuttern anziehen und sie wiederum vernieten.

Bruch der Kolbenstange. Zuweilen erfolgen Brüche der Kolbenstange, entweder, weil sie aus mangelhaftem Material besteht, oder auch, weil das Eisen durch eine lange Reihe wiederholter starker Stöße und Erschütterungen an seiner Zähigkeit verloren hat. Bei dem geringsten Risse, den man an einer Kolbenstange wahrnimmt, muß man sie sorgfältig untersuchen und alsdann auswechseln, weil ihr

Bruch gewöhnlich sehr nachtheilige Unfälle für die Cylinder, Balanciers ꝛc. herbeiführt.

Der Kopf oder die Mütze der Kolbenstange darf sich nicht drehen. Der Schließkeil von der Mütze der Kolbenstange muß fest genug angetrieben sein, damit sich diese Mütze oder Kappe nicht drehe und keinen Spielraum auf der Welle c (Fig. 1, Taf. V), welche hindurchgeht, habe, sondern daß sich diese Welle oder Achse in den bronzenen Futtern ihrer Zapfen drehe. Wenn sich diese Welle in der Kappe der Kolbenstange dreht, so hört man, weil dort keine Schmiere vorhanden ist, eine sehr starke Reibung, und den scharfen Schrei des Schmiedeeisens, welches sich am Gußeisen abnutzt; und es entsteht bald ein so bedeutender Spielraum, daß ein Stoß erfolgt. Ein Hammerschlag auf den Schließkeil und seine weitere Oeffnung an der entgegengesetzten Seite sind hinreichend, um dies Geräusch aufhören zu lassen.

Kolben mit drei Segmenten. Bei einigen Hochdruckmaschinen von hinlänglich bedeutender Kraft findet man Kolben, deren Metallliderung in drei Segmente getheilt ist, statt daß es sonst 6 oder 8 sind, in welchem Falle die Segmente nur durch drei Federn gegen den Cylinder gedrückt werden, indem dieselben unmittelbar gegen Keile wirken, welche zwischen die Segmente treten.

Man muß alsdann sehr starke und sehr harte Federn anwenden, und da sie nur wenig Spielraum haben, so setzt man sich der Gefahr aus, daß sie dann entweder zu starr bleiben, und folglich die Segmente zu rasch abnutzen, oder zu kurz, so daß viel Dampf nutzlos zum Condensator strömt, weil die Liderung alsdann undicht ist.

Man würde daher großen Brennmaterialverlust erleiden, wenn man diesem Kolben nicht sehr starke

Federn gäbe, und im Allgemeinen muß man sich hüten, daß die Liderungsfedern nicht zu schwach seien; der Dampf überwindet sie sonst, und indem er sich einen Weg zwischen den Segmenten verschafft, strömt er in den Condensator, oder in die Atmosphäre, wodurch bedeutende Brennmaterial-Verluste entstehen. Viele Maschinen haben nur aus dieser Ursache einen so bedeutenden Steinkohlenverbrauch.

Dies sind nun die Aufmerksamkeiten, welche die Kolben mit Metallliderung, mögen sie eingerichtet sein, wie sie wollen, erfordern.

Von den Segmenten. Lange Zeit hindurch hat man nur die Bronze zu den Segmenten angewendet, womit die Metallliderung der Hochdruck-Dampfmaschinen-Kolben bewirkt wird. Erst seit einigen Jahren hat man die Bronze durch weiches, feinkörniges Gußeisen ersetzt. Die verschiedene Qualität des Gußeisens der Cylinder und des der Segmente ist hinreichend, um eine recht sanfte Reibung zu veranlassen. Die in Berührung stehenden Oberflächen berühren sich gegenseitig, und die mit der Anwendung des Gußeisens erlangten Resultate sind sehr gut. Eine längere Dauer, die man gegen die Anwendung der Bronze bei der Gußeisenliderung zu erlangen geglaubt hatte, ist, nach der Versicherung tüchtiger Maschinenbauer, nicht annehmbar, sondern die Abnutzung der Segmente ist bei beiden Metallen fast gleich. Jedoch haben gußeiserne Segmente noch den Vortheil, daß man sie nicht so häufig zu schmieren braucht, und außer der dadurch erlangten Ersparung, vermeidet man dabei auch noch eine stärkere Beschmutzung der Maschinen.

Kolben der Niederdruck-Maschinen. Die Kolben der Niederdruck-Maschinen beschmutzen sich nicht so stark, wie die der Hochdruck-Maschinen, und brauchen nur dann aus dem Cylinder heraus

und auseinandergenommen zu werden, wenn die Hanfliderung zu sehr abgenutzt und undicht geworden ist. Die eingeschmierten Hanfflechten müssen sehr stark aufeinandergedrückt und der Kolben muß mit Gewalt in den Cylinder eingebracht werden, weil die Reibung ihm sehr bald einen zu bedeutenden Spielraum gibt.

Alle 14 Tage muß man den Kolben aus dem Cylinder herausnehmen, um die Liderung theilweise auszuwechseln; alle 6 Wochen muß sie aber vollständig erneuert werden. Es ist dazu eine sehr bedeutende Menge von Hanf und von Talg erforderlich. Jetzt wendet man bei guten Niederdruck-Maschinen Kolben von Metallliderung an und erlangt dadurch eine sehr bedeutende Ersparung an Schmiere.

Balanciergerüst und Balancier.

Festigkeit des Balanciergerüstes. In dem Abschnitt über die Aufstellung der Dampfmaschinen werden wir die Vorsichtsmaßregeln angegeben finden, welche zu ergreifen sind, daß die Drehungsachse des Balanciers vollkommen horizontal sei, eine unerläßliche Bedingung für die gute Wirkung des Parallelogramms und für die Erhaltung der Futter oder Pfannen für die Zapfen der Kurbel und der Kurbelstange.

Zuweilen bewegt sich das Lager der Balancierzapfen einer Dampfmaschine in den Mauern, die es tragen, weil die Zapfen bei jedem Kolbenlaufe auf das Lager einwirken, indem dies ein sehr langer Hebelarm ist, und sie eine Drehung versuchen. Dieser Mangel ist fast unvermeidlich, wenn das Lager mittelst Bolzen auf Holzstücken, die in die Mauer eingelassen sind, befestigt ist, dann, da das Holz nie in fester Verbindung mit dem Mauerwerke stehen kann,

sich davon losmacht und unmittelbare Erschütterungen veranlaßt. Die daraus folgende Bewegung des Lagers theilt der ganzen Maschine nachtheilige Stöße mit und verändert die senkrechte Stellung der Kolbenstange.

Die Maschinenbauer müssen es stets dann vermeiden, Gußeisenstücke mit Holz zu verbinden, wenn sie jene mit Quadersteinen in Verbindung bringen können, besonders, wenn das Holz nur mit Mauerwerk zusammenhängt. Nur auf Quadersteine können Dampfmaschinen fest und unerschütterlich aufgestellt werden. Man muß daher die Balancier-Zapfenlager auch nur mit Quadersteinen verbinden, indem man die Bolzen mit Gyps und Gußeisen-Feilspänen in die Steine einläßt, und über die erstern Steine andere legt.

Zapfenlager in Form eines **T**. Um diesen Nachtheil bei sehr starken Maschinen zu vermeiden, gibt man dem Zapfenlager zwei Kreuze, deren Enden auf 4 Säulen ruhen, welche sich jeder Seitenbewegung entgegensetzen (Taf. IV, Fig. 19 **a** u. **b**). Bei kleineren Maschinen erreicht man denselben Zweck, indem man den beiden Enden des Lagers die Gestalt eines Kreuzes **c** gibt. Wenn nun dieses Kreuz in den beiden Mauern des Maschinengebäudes auf einen Quaderstein **d** gelegt und selbst, wenn man will, durch Bolzen mit demselben verbunden worden ist, und man es alsdann mit einem andern, sehr starken Stein **e** bedeckt, so wird jede Bewegung unmöglich, bis auf eine geringe Torsionsbewegung, welche jedoch nicht bis in die Mauer mitgetheilt wird.

Spielraum der Balancierkugeln. Zuweilen erhalten die Kugeln **a** (Taf. IV, Fig. 3) der Balancierköpfe einen Spielraum und veranlassen bei der Maschine einen sehr starken Stoß, dessen Ursache nur schwer zu erkennen ist. Nach einiger Erfahrung

gelangt man jedoch dahin, wenn man während des Betriebes der Maschine die Hand auf die Kugeln legt, nachdem man die Ursache des Stoßes ganz nutzlos in dem Kopf der Lenkerstange, in der Kurbel oder in dem Parallelogramm gesucht hat, und man verbessert diesen Fehler, indem man die Hälfte der Kugel abnimmt und ein dünnes Stückchen Kupferblech darunter steckt, wodurch aller Spielraum wegfällt und alsdann dieselbe mit starken Hammerschlägen über das Stückchen Kupferblech wiederum auftreibt.

Parallelogramm.

Das bei der Construction und Verfertigung des Parallelogramms angewendete Verfahren wird in dem von dem Dampfmaschinenbau handelnden Abschnitte näher angegeben werden. Der mit der Wartung der Dampfmaschine beauftragte Arbeiter erhält das fertige Parallelogramm von dem Maschinenbauer, und er muß es nur zusammensetzen und allenfalls reguliren können. Als Beispiel wollen wir den schwierigsten Fall annehmen, den des Parallelogramms einer Dampfmaschine mit zwei Cylindern, welche so in Unordnung gerathen, und in welchen die bronzenen Futter so abgenutzt sind, daß es gänzlich auseinandergenommen werden muß.

Reinigung des Parallelogramms. Die erste Vorsichtsmaßregel besteht darin, alle Stücke so auseinanderzunehmen und an einen gewissen Platz zu legen, daß die ähnlichen Stücke einer Seite, wie, z. B., die Arme, welche die Achsen halten, mit denen die Kolbenstangen verbunden sind, nicht miteinander verwechselt werden, vorausgesetzt, daß sie für eine bestimmte Lage und für bestimmte Zapfen vorgerichtet sind, und daß Veränderungen der Stellung

neue Reibung veranlassen und den Gang der Maschine oft sehr erschweren würden.

Man muß demnach, wenn man das Parallelogramm auseinandernimmt, alle Stücke mit der größten Sorgfalt bezeichnen, wenn dies nicht schon vorher geschehen ist. Man vereinigt sie Stück für Stück, um die Schließkeile, die aus Rothguß oder Bronze bestehenden Futter, und die Schrauben, die einem jeden derselben angehören, nicht miteinander zu verwechseln; und um jeden Irrthum zu vermeiden, setzt man jeden Theil, nachdem er gereinigt worden ist, wieder zusammen.

Wenn man genöthigt ist, einen im Wasser geschlämmten Schmirgel anzuwenden, um die Rostflecke zu entfernen, so muß man eine große Vorsicht anwenden, daß nichts davon in den Rothgußfuttern zurückbleibt, weil diese sonst sehr bald abgenutzt werden würden.

Von der Abnutzung der Futter. Die Unfälle, denen die Parallelogramme am Häufigsten ausgesetzt sind, sind die Abnutzung der Rothgußfutter, veranlaßt durch die Nachlässigkeit der Maschinenwärter, welche die Schließkeile entweder zu stark, oder zu wenig anziehen. Im erstern Falle werden die Futter durch die außerordentliche Reibung warm und verbrennen, im zweiten leiden sie durch die unaufhörlichen Stöße. In dem von der Wartung der Maschinen handelnden Abschnitte wird man die Mittel angegeben finden, um die abgenutzten oder erhitzten Futter zu unterhalten oder wiederherzustellen; auch kommen wir noch auf die Anfertigung der Futter selbst zurück.

Wenn die häufigen Stöße einer Maschine von einem losgezogenen Schließkeile herrühren, so ist es hinreichend, denselben mit einem Hammer von Holz oder von Rothguß wieder anzuziehen, indem ein ei-

ferner Hammer zu scharfe Schläge bewirkt, wodurch das Parallelogramm bald aus seiner Form gebracht werden würde. Wenn die bronzenen Futter in Folge seiner zu starken Abnutzung sich berühren und der Schließkeil nicht mehr nachgezogen werden kann, so muß man entweder ein Stückchen Kupferblech darunter legen, wie wir weiter unten bemerken werden, oder man muß mit der Feile etwas davon abnehmen, damit sie wieder angezogen werden können.

Wiederzusammensetzung des Parallelogramms. Wenn alle Stücke eines Parallelogrammes gereinigt und gehörig wiederhergestellt worden sind, so setzt man sie wieder zusammen, indem man, wie schon bemerkt, dahin sieht, daß jedes Stück wieder an seine gehörige Stelle komme. Das leichteste Mittel, um sicher geleitet zu werden, besteht darin, auf die Oeffnungen aufmerksam zu sein, die in jedem Stück angebracht worden sind, um die Futter besser schmieren zu können, und welche nothwendig oben befindlich sein müssen, wie bei dem Gegenlenker, oder außerhalb, wie bei den Kolbenstangenarmen. Wenn man diesen beiden Bedingungen genügt und dahin sieht, den Kopf der Schließkeile auf der Seite der Säule anzubringen, so ist es ganz unmöglich, sich zu versehen. Wenn alle Stücke in ihre gehörige Stellung gebracht worden, die Kolbenstange mit ihren Mützen oder Köpfen versehen und durch die Schließkeile befestigt sind, deren Ende man durch einen Meißel geöffnet hat; wenn ferner die Arme der Säule auf dem Lager festgeschraubt und die Gegenlenkerarme an ihrer Stelle sind, so bleibt nichts weiter übrig, als das Parallelogramm zu reguliren, so daß kein Stück leide, und daß die Kolbenstangen vollkommen parallel seien und auf ihrem ganzen Laufe senkrecht bleiben. Alle diese Bedingungen müssen ganz genau erfüllt werden, um das Parallelogramm gehö-

rig zu reguliren und die Maschine in einem Zustande zu erhalten, daß sie einen langen und starken Betrieb ohne Mühe aushalten kann.

Regulirung. Die erste Arbeit ist die, sich zu überzeugen, daß die Axe a (Taf. IV, Fig. 18) der Säulen-Querstange, und die horizontale Linie a b, welche durch diese Axe geht, genau in zwei Theile theilen: 1) den Lauf des Kopfes e von dem großen Kolben; 2) den Kreisbogen c b d von dem Gegenlenker. Man bestimmt dies, indem man die Kurbel in den höchsten und darauf in den niedrigsten Punct ihres Laufes bringt, und in einer jeden dieser äußersten Stellungen die senkrechte Entfernung der höchsten und der niedrigsten Puncte auf der horizontalen Linie a b, welche durch den Kopf der Säule geht, mißt. Alsdann bestimmt man es für den Kreisbogen, der durch den Gegenlenker beschrieben wird, alsdann für die Axe e der Welle des Kolbens; und wenn der Kreisbogen nicht ganz genau in zwei gleiche Theile getheilt worden ist, so verkürzt man die Säule, oder man verlängert sie mittelst eiserner Kränze, bis daß sie diesen Kreisbogen in zwei gleiche Theile theilt. Wenn alsdann der Lauf des Kopfes e von dem Kolben, mittelst einer horizontalen Linie, welche durch die Axe a der Querstange der Säule geht, sowie auch durch die Mitte des Kreisbogens c d von dem Gegenlenker, nicht mehr in zwei Theile getheilt wird, so macht man den Punct, an welchem der Kolben angehängt wird, niedriger, oder man erhöht ihn, indem man über oder unter dem Futter etwas anbringt. Bei dieser Regulirung der genannten Puncte, wovon der ganze gute Gang des Parallelogramms abhängt, ist die größte Genauigkeit erforderlich.

Wenn eine Maschine gehörig angefertigt und aufgestellt ist, so muß sie in dem Augenblicke, in welchem der Balancier horizontal steht, sich genau in

der Mitte ihres Laufes befinden. In dieser Stellung müssen die Axen e von dem Kopfe der Kolbenstange und die Gegenlenker, d. h. die Axen a f b der Säule und der Ellipsen des Condensators und des Kolbens durchaus einen gleichen horizontalen Stand haben, wie wir schon bemerkten. Jedoch ist es häufig genug der Fall, daß der Balancier nicht horizontal liegt, wenn er sich in der Mitte seines Laufes befindet; es ist dies ein Fehler bei der Aufstellung, welcher keinen andern Nachtheil hat, als daß man sich genöthigt sieht, die Verhältnisse der Säule zu verändern, so daß ihre Axe den Kreisbogen des Gegenlenkers und des Kolbenlaufs in zwei gleiche Theile theilt. Man muß ihn jedoch bei der Aufstellung einer Maschine vermeiden, weil die Parallelogramme so eingerichtet sind, daß der Balancier um eine gleiche Größe über und unter dem Niveau seiner Drehungsaxe steigt und fällt.

Ein ferneres Augenmerk ist das, die Kolbenstangen der Maschinen mit zwei Cylindern einander parallel zu machen, so daß sie es in allen Stellungen sind. Wenn demnach die Kolben auf ihrem höchsten Standpuncte sind, so nimmt man mittelst eines Lineales ganz genau die Entfernung zwischen den beiden Stangen e m und h i, in der Nähe der Stopfbüchsen, schiebt alsdann das Lineal, welches man mit der genauen Länge abgeschnitten hat, bis in die Höhe, und sieht alsdann sehr leicht, ob der Zwischenraum zwischen beiden Stangen überall gleich ist. Ist es nicht der Fall, so nähert oder entfernt man die Stange des kleinen Kolbens von der des großen, mittelst der 4 Schrauben des Wagens, welche die Ellipse und die Arme des kleinen Kolbens leiten.

Diese Bewegung wird bewirkt, indem man die beiden Schrauben auf der Seite, wohin die Stange geschoben werden soll, losschraubt, und indem man

die beiden entgegengesetzten Schrauben um eine gleiche Größe nachzieht, wobei man es jedoch vermeiden muß, die Arme des Parallelogramms zu gespannt zu halten, sondern man muß ihnen stets etwas Spielraum geben; denn wenn sich die Stange dieses Kolbens böge, so könnten die Stangen des Wagens durch die Last, die sie zu tragen haben, zerbrechen. Zu gleicher Zeit muß man die Entfernung der Kolbenstangen voneinander genau untersuchen, indem man sie mit der Entfernung der Axen beider Cylinder vergleicht, die man vorher kennen und die ihr gleich sein muß.

Bewegliche Stangen des Wagens. Wir bemerkten, daß die Stangen des Wagens leicht zerbrächen. Es ist dies einer von den häufigsten Unfällen der Parallelogramme. Wenn sich die Futter der Arme von dem kleinen Kolben abnutzen und man zieht die Schließkeile derselben nach, so geht die Ellipse des kleinen Kolbens in die Höhe und es entsteht ein Zwang auf die Arme des Wagens, welche zerbrechen. Um diesen Unfall zu vermeiden, versehen ihn mehrere Maschinenbauer mit Gelenken, wodurch jede Gefahr vermieden wird, ohne irgend etwas an den Bedingungen eines genau eingerichteten Parallelogramms zu verändern.

Es ist aber nicht allein erforderlich, daß die Kolbenstangen beider Cylinder vollkommen parallel laufen, sondern es muß auch die Welle, welche die Stange des kleinen Kolbens trägt, wenn sie nach der einen oder der andern Seite vorgeht, gehörig winkelrecht laufen, d. h., es muß die rechte Seite nicht mehr vorrücken, als die linke. Um sich davon zu überzeugen, muß man mit einem großen Zirkel die Entfernung der Axe e des großen Kolbens von der Axe f der Ellipse des kleinen Kolbens messen; diese Entfernung muß gleich den beiden Seiten des

Balanciers sein. Ist sie es nicht, so gleicht man sie mit Hülfe der 4 Schrauben der Ellipse ab, welche, wie man sieht, dazu dienen, die beiden Stangen parallel zu machen, und die Wellen, die sie tragen, in rechtem Winkel mit der Axe a b des Balanciers (Figur 17, Taf. IV) zu bringen.

Es müssen ferner die Entfernung der Axe e der Welle des großen Kolbens von der f der Ellipse des kleinen, und die Entfernung der Axe f der Ellipse des kleinen Kolbens von der Axe b der Ellipse des Condensators, gleich den Entfernungen n o und o p der Zapfen sein, welche die Arme des großen und des kleinen Kolbens und des Condensators tragen. Ohnedem würden die 4 Seiten des Parallelogramms, von denen zwei und zwei vollkommen gleich sein müssen, nicht parallel zueinander stehen, und der Kolbenlauf könnte niemals senkrecht sein, was ein sehr grober Constructionsfehler sein würde. Man mißt diese Entfernung mit dem Zirkel nach. Man überzeugt sich auch, daß zwischen der Axe f der Ellipse des kleinen Kolbens, und der b der Ellipse des Condensators, eine gleiche Entfernung der beiden Seiten des Balanciers stattfindet. Man regulirt dies durch Schrauben, welche am Ende des Wagens angebracht worden sind.

Wenn auf diese Weise die Kolbenstangen vollkommen parallel sind und das Parallelogramm rechtwinklich auf der Axe des Balanciers steht; wenn die Entfernungen der verschiedenen Arme untereinander vollkommen regulirt und nachgemessen worden sind, so muß man sich überzeugen, daß die Querstange der Säule c e (Fig. 17) genau senkrecht auf der Axe des Balanciers steht.

Zu dem Ende nimmt man mit einem Zirkel die Entfernung zwischen dem Mittelpuncte f von dem Kopfe des großen Kolbens, der durch die Drehbank-

spitze bezeichnet ist, und von beiden Enden der Querstange ec. Man findet stets auf dem obern Theile der Gegenlenkerstange die Hiebe der Durchschläge oder die Oeffnungen zum Schmieren der Futter. Nach diesen Oeffnungen kann man sich mit der größten Gewißheit richten; diese beiden Entfernungen e f und c f müssen gleich unter sich sein, d. h., es müssen die beiden Seiten des Dreiecks, welche die beiden Enden der Säule bilden, mit dem Mittelpuncte des Kopfes von dem großen Kolben gleich sein; im entgegengesetzten Falle würde die Querstange der Säule sich offenbar verzogen haben, und durch den Arm des Gegenlenkers würde sie bei jedem Kolbenzuge das Parallelogramm nöthigen, sich auf die Seite zu werfen. Zu gleicher Zeit würden die Arme von der Säule c g und e h wechselsweise gespannt und gekrümmt werden, und wenn die Differenz zu groß wäre, so müßte eins von den Stücken nothwendig zerbrechen. Man muß jedoch bei'm Messen dieser Entfernung bemerken, daß der Kopf des Kolbens nicht immer genau in der großen Axe des Balanciers befindlich ist, d. h. in der Mitte von der Breite des Parallelogramms, und daß, wenn dieser Fehler wirklich vorhanden ist, man Maßregeln ergreifen muß, um die Querstange der Säule und folglich das Parallelogramm im rechten Winkel nicht mehr mit dem Kopfe der Kolben, sondern mit der großen Axe des Balanciers und in lothrechte Lage mit seinem Mittelpuncte zu bringen. Es ist mit Hülfe der beiden Arme der Säule c g und e h, welche mittelst vier Schrauben mit dem Gerüste verbunden werden, daß man die Regulirung der Säule bewirkt, indem man den einen oder den andern Arm verkürzt oder verlängert.

Wenn auf diese Weise alle Theile des Parallelogramms gehörig regulirt und die beiden Kolben-

stangen parallel sind, so muß man mit einem Loth untersuchen, ob sie senkrecht stehen. Wir wollen annehmen, daß es nicht der Fall sei, und daß sie sich, z. B., nach der Seite der Säule zu hinneigen; man muß alsdann die Säule und das ganze Parallelogramm, mittelst der Arme c g und e h von der erstern, in seine gehörige Lage zurückbringen, indem man die Schrauben, welche auf der Seite des Cylinders befindlich sind, loszieht und dagegen die auf der Seite des Schwungrades befindlichen anzieht.

Nachdem man auf diese Weise den Gang von dem Kopfe des großen Kopfes regulirt hat, läßt sich der von dem kleinen Kolben leicht bestimmen. Es ist zu dem Ende hinreichend, wenn man weiß, daß die Axe h (Fig. 18) dieses letztern, oder besser seiner Welle, sowie auch die des Condensators q, genau auf einer geraden Linie liegen, welche von der Axe e der Welle des großen Kolbens zu der Drehungsaxe q des Balanciers geht. Man muß alsdann die Welle des kleinen Kolbens höher oder niedriger stellen, wenn sie nicht genau auf dieser Linie liegt, indem man die Futter der Arme durch Unterlagen größer, oder durch Abfeilen kleiner macht, welches man erkennt, wenn man eine Schnur von der einen zu der andern dieser Axen spannt.

Dasselbe ist mit der Condensatorwelle q der Fall, welche auf derselben Linie liegt und auf dieselbe Weise regulirt wird. Jedoch ist es minder gefahrvoll, einen kleinen Irrthum bei der Regulirung dieser Welle zu lassen, weil diese Stange sehr lang ist und Gliederungen hat, welche ihr hinreichenden Spielraum geben, so daß sich dabei nie ein Unfall ereignen kann.

Wenn auf diese Weise die Kolbenstangen gehörig senkrecht und parallel gemacht worden sind, wenn der Lauf der Gegenlenkerarme und der von dem Kopfe

des großen Kolbens durch die horizontale Linie a b, welche durch die Axe der Querstange von der Säule geht, genau in zwei gleiche Theile getheilt worden sind; wenn die Querstange der Säule und die verschiedenen Balancierarme rechtwinklich auf der Axe der Maschine stehen; wenn die Axen der Wellen von den beiden Kolben und von dem Condensator auf einer Linie liegen, welche von der des großen Kolbens zu der Drehungsaxe des Balanciers läuft; und wenn endlich die beiden Cylinder senkrecht stehen und parallel unter sich sind, so kann man überzeugt sein, daß das Parallelogramm gehörig regulirt ist, und daß die Kolbenstangen eine senkrechte Bewegung haben.

Regulirung am untern Ende des Laufes. Jedenfalls werden die Besitzer oder die Wärter von Dampfmaschinen, welche sich zu der einen oder der andern dieser Untersuchungen veranlaßt fühlen, immer sehr wohl thun, wenn sie das Parallelogramm am untern Ende des Laufes reguliren, wenigstens in Beziehung auf die Entfernung der Kolbenstangen voneinander. Dieselben sind nämlich hinlänglich biegsam, um sich ohne großen Nachtheil biegen zu können, wenn auf dem obern Puncte ihres Laufes eine Kraft auf sie einwirkt; während sie, wenn dies am untern Puncte ihres Laufes der Fall ist, wo sie von den Stopfbüchsen eingezwängt werden, nothwendig der Wagenarm zerbrechen muß.

Wenn sich dieser Unfall ereignet, so sieht man zuweilen einen von den Theilen dieser Arme an dem einen Ende frei geworden und senkrecht auf den Cylinderdeckel stoßen, und zwar so heftig, daß dadurch ein Bruch des Balanciers veranlaßt werden kann. Es ist demnach zweckmäßig, diese Arme mittelst kleiner Ketten mit dem Balancier zu verbinden, um, wenn es erforderlich ist, ihre Enden zurückhalten zu können, sobald sich Brüche ereignen.

Von der Kurbelstange und der Kurbel.

Von den Futtern der Lenkerstange. Die bedeutende und ununterbrochene Anstrengung, welche die Futter der Lenkerstange bei dem Wechsel der Richtung der Bewegung der Maschine erleiden, nutzt sie sehr schnell ab, wenn man sie nicht regelmäßig schmiert und die Schmierlöcher, welche sich sehr schnell mit Schmiere anfüllen, reinigt. Es ist daher unerläßlich, stets ein Futter zum Auswechseln vorräthig zu haben. Man bemerkt sehr leicht einen Spielraum der Zapfen von der Kugel des Balanciers in den Futtern von Rothguß des Lenkerstangenkopfes, wenn die Maschine bei dem obern Uebergange der Kurbel einen Stoß gibt, obgleich dieser Stoß auch einen Spielraum der Balancierkugeln oder der Parallelogrammarme zur Ursache haben kann. Wenn die Futter von dem Lenkerstangenkopfe weder abgenutzt, noch angegriffen sind, so ist es hinreichend, die Schließkeile b (Fig. 15, Taf. IV) lose zu machen. Wenn sie aber wirklich angegriffen werden, welches man an dem herabfallenden Kupferstaube bemerkt, oder besser noch an der starken Erhitzung des Kopfes, so muß man die Maschine sofort aufhalten, die Futter herausnehmen, sie, sowie die Lenkerstange, mit kaltem Wasser abkühlen, sie reinigen und sie, wie die Zapfen, gehörig schmieren. Sind die Futter so sehr abgenutzt, daß sie durch die Schließkeile nicht mehr angezogen werden können, so muß man Kupferblech darunter legen.

Das Drehen der Futter. Zuweilen bemerkt man auch, daß die obern Futter von einem Kurbelstangenkopfe nicht fest liegen, weil sie rund sind und weil sie, durch nichts zurückgehalten, sich von der Seite schieben, so daß die Schmieröffnung nicht mehr mit der in dem Bügel zusammentrifft, das Oel

nicht hineingelangt und das Futter daher warm wird und sich abnutzt. Um Unfällen dieser Art abzuhelfen, muß man das Futter durch Hinzufügung von einem kleinen Schlüssel feststellen, so daß er sich nicht mehr in seinem Bügel drehen kann.

Die Futter der Kurbel. Die Kurbelfutter **a** (Fig. 14), in denen die Umwandlung der hin- und hergehenden Bewegung in eine kreisförmige bewirkt wird, und die daher einer großen Anstrengung unterworfen sind, erhitzen sich und nutzen sich noch weit mehr ab, als die der Lenkerstange; auch muß man sehr sorgfältig dahin sehen, daß sie alle 12 Stunden ganz gehörig mit gutem Talg, oder besser noch mit einem anderen thierischen Fett in Gemenge mit Graphit oder mit Talk, welche pulverisirt und durch ein seidenes Sieb geschlagen sind, geschmiert werden. Das Mittel, welches angewendet werden muß, wenn sie erhitzt sind, ist ganz dasselbe, als das obige: es besteht in der Reinigung der Futter nnd der Warze **b**, in ihrer Abkühlung mit kaltem Wasser und in einem neuen Schmieren. Da aber der Rothguß sich an Eisen reibt, so hängt er sich durch die Erhitzung an das letztere und durchdringt sie auf solche Weise, daß man die Reinigung nur mit der Feile, und die der Warze besser noch auf der Drehbank bewirken kann. Ein solches Verfahren ist durchaus nothwendig, denn wenn das Eisen der Warze durch die Reibung und die Wärme auf diese Weise mit dem Kupfer verbunden ist, so erhitzt es sich fortwährend mit der größten Leichtigkeit und es ereignet sich in jedem Augenblicke derselbe Unfall wieder, welches nicht anders vermieden werden kann, als wenn man allen Rothguß wegnimmt und das Eisen gänzlich reinigt.

Wenn die Kurbelfutter abgenutzt worden sind und wenn der Schließkeil nicht mehr hinreicht, um

sie gehörig auf der Warze anzuziehen, so erhält dieselbe Spielraum in dem Futter und es entsteht bei jedem untern Durchgange der Kurbel ein Stoß. Dasselbe findet dann statt, wenn der Schließkeil c sich loszieht; in dem letztern Falle ist aber ein Schlag mit einem hölzernen Schlägel hinreichend, um während des Betriebes die Stöße aufhören zu lassen. Wenn aber die Futter abgenutzt sind und sich nicht mehr anziehen lassen, entweder, weil sie sich untereinander berühren, oder weil sie nicht hinlänglich stark sind, und da der gänzlich auf dem Boden seiner Oeffnung befindliche Schließkeil nicht mehr darauf drückt, so muß man oben von den Futtern etwas abfeilen oder abmeißeln, damit sie sich einander wieder nähern können, und man muß zwischen dem Futter und dem Schließkeil ein Stück Kupfer oder Eisen anbringen, oder besser noch, wie wir weiter unten näher auseinandersetzen werden, das Futter oder die Gegenclavette d zurückbringen.

Regulatoren.

Wir müssen zuvörderst bemerken, daß die Regulatoren nach der Hall'schen Einrichtung jetzt nur noch sehr wenig angewendet werden, und daß wir sie der Vollständigkeit wegen neben den neuern und zweckmäßigern Systemen der Schieber, welche heutigen Tages angewendet werden, beschreiben.

Dampfbüchsen und Ventile für Mitteldruckmaschinen. Ehe wir die Art und Weise auseinandersetzen, die Ventile der Mitteldruckmaschinen mit zwei Cylindern und zuvörderst die von der Hall'schen Construction zu reguliren, wird es nothwendig sein, die Vorsichtsmaßregeln anzugeben, welche man bei der Aufstellung der Dampfbüchsen zu nehmen hat, da man häufig durch verschiedene Unfälle

genöthigt wird, diese Büchsen auseinanderzunehmen, und da sie mit einer großen Genauigkeit wieder an ihren Platz gebracht werden müssen. Die Fig. 16, 18, 19, 20, Taf. V, geben eine Zeichnung davon.

Aufstellung der Dampfbüchsen; ihre senkrechte Stellung. Man bringt sie zuvörderst in ihre Stellung, indem man sie mit ihrem Bolzen befestigt, in dem man jedoch Spielraum läßt, so daß man ihre Lage etwas verändern kann. Darauf bringt man eine in eine gehörig senkrechte Stellung, welches man durch ein Bleiloth bewirkt, das man durch die Ventilöffnung fallen läßt, und indem man sich mit einem Zirkel überzeugt, daß dieses Loth genau in der Mitte der Büchse hängt, sowohl oben, als unten, nach der Linie **a b** und **c d** (Fig. 16 u. 20). Darauf sucht man durch die Drehung der Schraubenbolzen die genaue senkrechte Stellung zu erreichen. Ihre horizontale Lage sucht man auch durch eine Wasserlibelle zu erreichen.

Entfernung der Büchsen voneinander. Wenn auf diese Weise die erste Büchse befestigt worden ist, so regulirt man die Stellung der zweiten, indem man dahin sieht, daß die Entfernung dieser Büchsen von den beiden kleinen Vorsprüngen **e** und **f**, in welchen die beiden Stangen **g g** des Excentricums **h** gehen, gleich der Länge der Querstange **i** von dem Wagen des Excentricums sein muß, welcher die Füße dieser Stange trägt, sowie auch der Länge der beiden Arme oder Kurbeln **l** und **m** der Ventile, welche die Scheitel davon vereinigen.

Von den Verbindungsröhren. Indem man die Büchsen an ihren Platz bringt, muß man dahin sehen, daß vorher die beiden Röhren **n n**, welche sie verbinden, in ihre gehörige Lage gebracht werden, indem dieselben später nicht mehr in ihre Stopfbüchsen treten können, wo sie übrigens hinlänglichen

Spielraum haben, um die Entfernung der Büchsen voneinander nach Belieben verändern zu können. Nachdem diese Röhren in ihre Stellung gebracht und die Entfernung, sowie auch die senkrechte Stellung der beiden Büchsen vollkommen bestimmt worden ist, damit die Ventile senkrecht steigen und fallen, indem sie sich sonst auf einer Seite mehr abnutzen würden, als auf der andern, so zieht man die Schraubenbolzen der Büchsen an, um die Lippen o o (Fig. 7 u. 8) miteinander zu verbinden, die rings um die Dampföffnungen p q ꝛc. angebracht worden sind, und die Verbindung der Büchsen mit dem Mantel und den Cylindern herstellen. Diese Lippen oder Ränder müssen mit großer Sorgfalt gearbeitet worden sein.

Wenn der Maschinenwärter die Büchse des kleinen Cylinders bei einer Woolf'schen Maschine in ihre Stellung bringt, so darf er nicht vergessen, in die Leitung, welche den Dampf herbeiführt, und in die correspondirende Oeffnung der Büchse ein kupfernes Röhrenende r einzuführen. Dieses Futter gestattet eine sehr starke Antreibung des Kittes rings um diese Oeffnung, um alle Verbindung des Dampfes von einer Oeffnung zur andern zu verhindern, und ohne eine Verstopfung der Oeffnung selbst befürchten zu müssen. Der Raum t t, welcher zwischen der Büchse und dem gußeisernen Rande der Cylinder bleibt, wenn die Bolzen festgeschraubt worden sind, darf nicht breiter, als 12 — 15 Millimeter (5 bis 7 Linien) sein, weil sich sonst der Gußeisenkitt nicht gleichförmig unter dem Treibmeißel zusammendrückt, oder man muß eine noch größere Sorgfalt und dickere Meißel anwenden, weil er sonst zu beiden Seiten zurücktritt und nicht hart wird.

Verkitten der Büchsen. Die Verkittung geschieht mit Gußeisenkitt. Um sie zu bewirken, verschließt man zuvörderst zwei Seiten des auszufüllen-

den Raums mit zwei kleinen Bretchen; darauf füllt man sie mit Gußeisenkitt aus, der in kleinen Theilen und nach und nach angewendet wird, indem man ihn stark und lange Zeit hindurch mit einem eisernen Meißel eintreibt, bis daß er sich nicht weiter eintreiben läßt und den Hammerschlägen wie Gußeisen widersteht. Alle die Theile, welche die Dampfleitung umgeben, und hauptsächlich die sie trennenden Räume, müssen zuerst und mit einer außerordentlichen Sorgfalt und Geduld verkittet werden, weil dort Undichtigkeiten mehr, als an irgend einem andern Orte, zu befürchten sind.

Abgehobelte und zusammengeschmirgelte Büchsen. Die beste Einrichtung der Büchsen zur Vermeidung der Schwierigkeiten, welche dieses Verkitten des Gußeisens nach sich zieht, besteht darin, die beiden Oberflächen mittelst der Hobelmaschine abzurichten, sie miteinander abzuschmirgeln und eine dünne Schicht rothen Kitt dazwischen zu bringen. Alsdann sind Undichtigkeiten bei Weitem weniger zu fürchten.

Von dem Durchgange des Dampfes durch die Verkittung der Büchse von dem kleinen Cylinder. Zuweilen stellt sich wirklich eine directe Verbindung zwischen der Dampfleitung s und einer von den Leitungen p q des kleinen Cylinders her, so daß dieser Dampf unmittelbar aus dem Mantel in den Cylinder strömt, ohne durch die Büchse gehen zu müssen, und so, daß er folglich stets auf dieselbe Seite des Kolbens wirkt, indem er wechselsweise seinem Laufe entgegenwirkt oder mit demselben ist. Man wird leicht einsehen, daß, wenn in einer dieser Stellungen eine Dampfentwickelung in dem Cylinder stattfindet, obgleich der Regulatorhahn geschlossen ist; daß, wenn jedoch dieser Regulatorhahn schon von dem Dampfe abgenutzt wäre

und die Dampfleitung nicht gut schlösse, er auch Dampf in die Cylinder strömen lassen würde, welches einen Irrthum veranlassen könnte. Uebrigens würde man diese Verbindung weit sicherer erkennen, wenn man den kleinen Cylinder hinwegnähme. Ist der Regulatorhahn gut eingeschmirgelt und ist die Verkittung gut, so wird kein Dampf in den kleinen Cylinder einströmen; ist dagegen die Verkittung von dem Dampfe weggefressen, so strömt er zuweilen durch eine von den Leitungen und zuweilen durch beide aus.

Man erkennt auch dieses Ausströmen des Dampfes, wenn man den Deckel von der Büchse des kleinen Cylinders wegnimmt; man sieht alsdann den Dampf aus einer der Oeffnungen ausströmen. Endlich ist ein anderes Zeichen, durch welches man diesen Mangel erkennen kann, die Erhitzung von einer der Verbindungsröhren der Büchsen, obgleich der Einströmungshahn verschlossen ist, eine nothwendige Folge des Hindurchströmens von dem Dampf. Uebrigens würden sich dieselben Erscheinungen zeigen, wenn das Gußeisen in den Büchsen einen Fehler hätte, indem durch diese Löcher der Dampf hindurchströmen würde, ehe er zu dem Hahne gelangte.

Von dem Durchgange des Dampfes durch die Verkittung der Büchse des großen Cylinders. Es gibt kein directes Mittel, um diesen Fehler in der Büchse des großen Cylinders zu erkennen; jedoch würde er für die Maschine von weit größerer Gefahr sein, als bei dem kleinen Cylinder; denn der Dampf würde, ohne eine Leistung zu thun, direct zum Condensator strömen, während der aus dem kleinen Cylinder entweichende Dampf noch in dem großen wirken kann. Jedoch ist dieser Unfall seltener, da in dieser Büchse nur zwei Oeffnungen vorhanden sind. Das einzige characteristische

Zeichen dieser Krankheit ist ein größerer Dampfverbrauch und eine verhältnißmäßige Erhitzung des Condensators, ohne daß man die Ursache davon entdeckt, welche in dem schlechten Zustande der Maschine, oder in der mangelhaften Beschaffenheit der Ventile, oder in dem schlechten Zustande der Kolben begründet sein kann. Wenn man demnach alle Theile einer Maschine hinlänglich nachgesehen hat, und man sieht, daß sie immer noch eine außerordentliche Menge von Brennmaterial verzehrt, so muß man mit der größten Sorgfalt wiederum eine Verkittung von der Büchse des großen Cylinders beginnen, indem es fast immer möglich sein wird, die Spuren des Dampfes aufzufinden, wenn man den alten Kitt hinwegnimmt. Wollte man bei einer Ungewißheit diese Arbeit nicht versuchen, welche, wenn sie auch unnütz ist, doch weder viel Zeit kostet, noch Schwierigkeiten hat, so würde man sich doch endlich der Gefahr aussetzen, den größten Theil von der Kraft der Maschine zu verlieren. Es haben dies mehrere Beispiele bewiesen. Man verbessert ebenso die Undichtigkeiten der Büchse des kleinen Cylinders, wenn man die Verkittung neu macht. In allen Fällen dieser Art muß der Fabricant, welcher den Betrieb seiner Maschine selbst controlirt, und welcher den Druck kennt, unter dem sie arbeitet, wenn sie in einem guten Zustande befindlich ist, und ebenso muß es ein intelligenter Maschinenwärter oder Heizer sofort an dem übermäßigen Steinkohlenverbrauch, an dem matten Gange der Maschine, an der höhern Spannung, mit welcher sie bei einer gegebenen Oeffnung des Hahns betrieben werden muß, sowie auch an der Temperaturerhöhung des Condensators erkennen. Es bedarf nur eines geübten Auges, um zu sehen, daß eine Maschine leicht und ohne Anstrengung geht, selbst

mit voller Belastung, wenn dieselbe nur nicht übertrieben ist.

Unterhaltung des Regulatorhahns. Die Einwirkung des Dampfes auf den Regulatorhahn (Fig. 19) ist bedeutend genug, und obgleich er gewöhnlich aus Gußstahl besteht, so wird er doch angegriffen. Er muß von Zeit zu Zeit mit einer weichen Feile, und zwar der Länge nach, abgefeilt werden, welches besser ist, als sie mit Schmirgel zu behandeln, ihn erst trocken abzuschmirgeln, um zu sehen, wo er aufschließt; man muß ihn abfeilen, abtrocknen und von Neuem abschmirgeln, bis daß er überall schließt. Man schmirgelt ihn alsdann mit Wasser ab, und wenn die Operation gut ausgeführt ist, so kann man überzeugt sein, daß keine Undichtigkeit mehr stattfinden wird.

Der Hebel dieses Hahnes a ist zuweilen auf einem kleinen Zapfen durch einen Stift befestigt worden, welcher, obgleich er aus Stahl besteht, schnell abgeschnitten ist; und da alsdann der Hebel den Hahn nicht weiter bewegt, so kann man ihn alsdann nicht mehr verschließen, wenn man die Maschine plötzlich anhalten will, welches gefährlich werden kann. Wird ein Heizer oder Maschinenwärter von einem solchen Unfall überrascht, so muß er die Hähne auf den Deckeln öffnen, um Luft in die Cylinder und in den Condensator einströmen zu lassen, worauf die Maschine sofort stillsteht. Der Hebel von dem Hahne muß daher stets auf einem Quadrat b angebracht und mittelst einer Schraubenmutter c befestigt sein, welche man von Zeit zu Zeit abschraubt und schmiert, damit sie nicht rostig werde und sich zu schwierig wegnehmen lasse.

Man muß auch alle 14 Tage die Schraube abnehmen, wodurch der Hahn festgehalten wird, und ihn mit Sorgfalt schmieren, weil man ihn sonst nicht

losmachen könnte, indem der Dampf, der stets in geringer Quantität durch diesen Hahn entweicht, das Eisen von der Schraube und der Mutter sehr schnell rostig macht. Wenn, nachdem diese Mutter mit dem Schlüssel lange an ihrem Platze befindlich gewesen ist, und es unmöglich wäre, sie mit den Schlüsseln loszumachen, so muß man sie einige Tage lang mit siedendem Oel einreiben, damit dasselbe durchdringe, und dann die Schraube mit rothglühend gemachten Zangen erhitzen, wobei man aber die Erhitzung von dem Ende des Hahnes vermeiden muß. Die Mutter wird sich dann zuerst ausdehnen und wird mit der größten Leichtigkeit von ihrer Schraube loszumachen sein. Wollte man Feuer statt glühender Zangen anwenden, so würde man zu gleicher Zeit den Hahn und die Mutter erhitzen, und es würde sich alsdann dieselbe nicht so leicht abschrauben lassen. Es ist zweckmäßig, dem Kopf d der Regulatorhähne eine quadratische Form zu geben, statt sie birnförmig abzudrehen, damit man sie an diesem Ende festhalten könne, wenn man die Muttern abschrauben will.

Ein Theil von den Beobachtungen, welche wir hier machen, sind nicht unmittelbar auf alle Maschinen anwendbar, weil ihre Construction nach ihrem Systeme verschieden ist, und weil der Maschinenbauer auch bei den Maschinen eines und desselben Systems verschiedene Abänderungen trifft. Jedoch sind hier soviel, wie möglich, stets die ungünstigsten Umstände und die schwierigsten Unfälle berücksichtigt, damit ein Jeder die ihn treffenden erkennen und denselben nach Bedürfniß abhelfen könne.

Röhren der Büchsen. Die Verkittung der Röhren n n an den Büchsen ist wegen ihrer Lage sehr schwierig. Die Schrauben müssen mit Vorsicht geschmiert und angezogen werden; und man wird auch dieselben Vorsichtsmaßregeln bei ihrem Losschrau-

ben gebrauchen. Wenn sie in das Gußeisen eingerostet sind, so zerbrechen sie oft und es bleibt die Hälfte an dem Gewinde hängen. Man muß alsdann ein weiteres Loch bohren, es mit Schraubengewinden versehen und eine Schraube darauf bringen, welche stärker als die erstere ist. Wir geben den Maschinenbauern den Rath, diese Schrauben aus ungehärtetem Stahl zu machen. Durch die Verkittung dieser Röhren dringt häufig Luft in die Büchsen; auch kann man nicht stark genug den mit rothem Kitt durchdrungenen Hanf, womit man ihre Büchsen ausfüllt, verdichten, und die Deckel zu sorgfältig verkitten.

Im Allgemeinen wird es, wenn der Condensator Luft durchläßt, leicht sein, den Punct zu entdecken, durch welchen diese Luft eindringt, indem man die Flamme einer Lampe an alle verkitteten Stellen und Stopfbüchsen hält, unter denen eine Luftleere oder eine schwache Spannung existirt, und hauptsächlich an die Röhren n n, von denen wir hier reden, sowie auch an die Röhre u, welche den Dampf aus dem großen Cylinder zum Condensator führt. Obgleich diese Röhre so gut, als möglich, verkittet ist, so ist sie doch in den Fugen fast immer undicht, weil dort stets eine Luftleere existirt.

Von dem Unterhalt des Excentricums. Die dem Excentricum und seinem Räderwerk zu widmende Sorgfalt gehört zu der täglichen Wartung der Maschine, d. h., sie besteht in einem regelmäßigen Schmieren und in einer guten Reinigung. Es ist dies hauptsächlich bei den Excentriken der Fall, welche man oft unter dem Fußboden und an einem engen Orte anbringt, an dem sich der Schmutz und der Staub rasch anhäufen. Ohne diese Vorsichtsmaßregeln nutzt sich das Excentricum rasch ab, wodurch der Lauf der Ventile vermindert wird und der Gang der

Maschine in Unordnung geräth. Wenn auf diese Weise durch Vernachlässigung oder durch einen langen Betrieb das Excentricum nur um 3 oder 4 Millimeter (1 bis 2 Linien) verkleinert ist, so muß man es auswechseln, indem man sehr wohl thut, diese Theile aus dem besten Gußstahl anzufertigen und ihn sehr stark zu härten.

Auch die Stahlplatten, welche auf den Wagen des Excentricums befestigt sind, müssen mit derselben Vorsicht ausgewechselt werden, wenn sie nur den Anfang einer Abnutzung erlitten haben.

Verkitten der Büchsendeckel. Wenn die Maschine aufgestellt ist, und wenn das Excentricum h, die Ventile und die Welle v, welche jene bewegt, an ihren Platz gebracht worden ist, ihre Entfernungen und ihre Stellungen mit der größten Aufmerksamkeit nachgesehen worden sind, so muß man sich überzeugen, daß die Excentrikenstangen g g vollkommen senkrecht sind; daß die Ventilstangen x und y der beiden Büchsen genau durch die Mitte der Ringe von den Kurbeln l und m gehen, wodurch sie bewegt werden, damit sie frei und ohne einen falschen Zug aufsteigen. Wenn die Stahlfedern z der Ventile des großen Cylinders gut gehärtet sind und während des Betriebes nicht zerbrechen können, und wenn endlich alle Ventile an ihren Platz gebracht und alle Stücke sorgfältig gereinigt worden sind, so kittet man die Büchsendeckel auf. Wir bemerken hier, daß man damit anfangen muß, den obern Deckel von der Büchse des kleinen Cylinders zu verkitten, da in dieser Büchse eine kupferne Hülse a a (Fig. 17) steckt, in welche das Ventil eintritt; daß diese Hülse nur durch Reibung in das Gußeisen eingelassen ist, ohne darin befestigt worden zu sein, damit man sie herausnehmen und erneuern könne, wenn sie abgenutzt ist, und wenn die cylindrischen

Schieberventile g zu frei spielen. Denn wenn man den untern Deckel zuerst anschraubte, so könnte die Hülse, welche von Oben in die Büchse eingesteckt worden ist, um Etwas hervortreten; während, wenn man den obern Deckel zuerst anschraubt, sie nicht aus ihrer Stellung herausgehen kann. Ehe man den untern Deckel aufkittet, bringt man den stählernen Schieber x in die Büchse, dessen Stange durch die Stopfbüchse des obern Deckels geht. Die Kegelventile a' b' des großen Cylinders treten, das eine von Oben und das andere von Unten, in die Büchse, und man verkittet den Deckel; darauf schraubt man auf das obere Ventil die Querstange von Rothguß und bringt die Federn an ihre Stelle.

Kegelventile. Es ist von der größten Wichtigkeit, die Schraube c', welche die eiserne Hülse d' des obern Ventils a' in der kupfernen Querstange e' zurückhält, sehr stark anzuziehen. Der größern Sicherheit wegen muß man auf dieser Schraube eine Gegenschraube anbringen, die sie fest erhält, und ohnerachtet dieser Vorsichtsmaßregel muß man sie von Zeit zu Zeit untersuchen, ob man nicht bemerkt, daß das Schraubengewinde unter der kupfernen Hülse e' entblößt worden ist, welches beweis't, daß die Schraube und die Gegenschraube sich losgezogen haben.

Dieselbe Aufmerksamkeit muß auf die Schraubenmuttern gerichtet werden, welche die Kegelventile a' und b' auf ihren Sitzen zurückhalten. Man muß das Ende der Schraube durch einige Hammerschläge stauchen, um sie zu vernieten, und um diese Schrauben unveränderlich aufzuhalten. Wenn eins von diesen Ventilen entwiche, so könnten höchst nachtheilige Zufälle daraus entstehen; das untere Ventil b' ist dem mehr ausgesetzt, als das andere. Geschähe es und würde es nicht wieder durch die Federn z, z gehoben, indem diese einige Augenblicke vorher, ehe

die Kolben aufwärts gehen, die Stange in die Höhe drücken (da wir annehmen, daß die Schraubenmutter heruntergefallen sei), so würde der Dampf, welcher unter das Ventil b' gelangt, um unter den Kolben zu wirken, zum Theil durch die Oeffnung gehen, welche das Ventil noch offen erhält, und dem Dampf entgegenströmen, welcher, nachdem er auf den Kolben gewirkt hat, sich nach dem Condensator begibt. Es würde auf diese Weise ein sehr heftiger Stoß entstehen, der die ganze Maschine erschüttert und einige Stücke davon zerbrechen kann; ohne von dem Verluste zu reden, der durch das unmittelbare Einströmen des Dampfes in den Condensator entsteht. Einige Augenblicke nach dem Stoß ist der Dampf, welcher aus dem kleinen Cylinder in hinreichender Menge herbeiströmt, im Stande, dieses untere Ventil zu heben und zu verschließen; alsdann ist der gewöhnliche Betrieb der Maschine wiederhergestellt. Der Kolben, welcher die entgegengesetzte Wirkung des Dampfes und mehr noch den Durchgang zum Condensator des größten Theils von demselben, im Anfange seines niedergehenden Laufes, sehr stark aufgehalten hatte, erlangt seine Geschwindigkeit wieder, und derselbe Stoß, derselbe Aufenthalt, dieselbe Beschleunigung wiederholen sich bei jedem Kolbenlaufe.

Zeichen, an denen man es erkennen kann, daß das untere Kegelventil losgegangen ist. Wenn man eine Maschine sieht, welche zu Anfang des Niederganges von dem Kolben einen heftigen Stoß gibt, welche mühsam und langsam in die Höhe steigt, alsdann fast seine frühere Geschwindigkeit wieder erreicht, und sich dies bei jedem Kolbenzuge wiederholt, so kann man überzeugt sein, daß sich das untere Ventil in der Büchse des großen Cylinders abgelöst hat. Es ist dies der einzige

Unfall, welcher diese Erscheinungen hervorzubringen vermag.

Oberes Ventil. Wenn sich das obere Ventil ablös't, so kann der auf den Kolben wirkende Dampf nicht unmittelbar auf den Condensator strömen, weil sich das Ventil durch sein Gewicht allein schließt; allein da der zum Condensator strömende Dampf den Durchgang verschlossen findet, so widersteht er der Einwirkung des entgegengesetzten Dampfes und comprimirt sich mit einem Stoße, bis daß er nach einem oder nach zwei Läufen eine solche Spannung erlangt hat, daß er wegen der großen Oberfläche des Cylinders die Maschine aufhält.

Von der Regulirung der Ventile. Wenn auf diese Weise alle Stücke, welche die Ventile zusammensetzen, in ihre Lage gebracht und befestigt worden sind, und wenn man das Excentricum h und die beiden Stangen g g angebracht hat, so muß man zur Regulirung der Ventile schreiten. Es ist dies zwar eine leichte Arbeit, allein sie erfordert die größte Sorgfalt und übt den größten Einfluß auf den Gang der Maschine aus. Die einfachste Methode, die Ventile der Woolf'schen Maschinen zu reguliren, welche wir hier deshalb zum Beispiel nehmen, weil sie die zusammengesetztesten sind, ist die folgende:

Voraneilen der Schieber. Die erste Arbeit besteht darin, dem Excentricum h eine solche Stellung zu geben, daß es die Ventile einige Augenblicke früher heben kann, als der Kolben seinen Lauf begonnen hat. Man weiß wirklich, daß, wenn die Ventile erst in dem Augenblicke wirken, in welchem der Lauf vollendet ist, ein Augenblick des Stockens in der Maschine eintreten würde, weil, welche Geschwindigkeit auch der Dampf haben mag, es stets eine gewisse Zeit geben muß, in welcher sich die Ventile öffnen und ihm den Durchgang gestatten. Zu

gleicher Zeit ist es klar, daß, wenn sich dagegen die Ventile erst einige Augenblicke nach Vollendung des Laufes heben würden, wenn sie mit einem Wort in Rückstand wären, bei der Maschine eine Zögerung stattfinden würde, und selbst ein Stoß entstehen könnte, weil die von dem Schwungrade angenommene Geschwindigkeit den Niedergang des Kolbens veranlassen müßte, während der Dampf noch unter demselben einwirkte. Mittelst dieses Voraneilens dagegen gelangt der Dampf auch in dem Augenblicke hinter den Kolben, in welchem er seinen Lauf vollendet hat, wirkt dort als Feder ein und erleichtert auf diese Weise den Gang ganz außerordentlich. Es ist demnach zweckmäßig, dem Ventile ein geringes Voraneilen zu geben.

Wenn sich die Maschine nach Einwärts dreht, d. h., wenn die Kurbel g' (Fig. 16) auf der Seite der Cylinder in der von dem Pfeile angegebenen Richtung emporsteigt, wie der Betrieb gewöhnlich ist, obgleich die entgegengesetzte Bewegung, wenn sie die Nothwendigkeit erfordert, durchaus keine Nachtheile hat und die Kurbel sich ebenso gut in der einen, als in der andern Richtung bewegt; wenn, sagen wir, die Kurbel nach Innen zu aufsteigt, so steht sie horizontal in g'', d. h. in der Hälfte ihrer aufsteigenden Drehung. Wenn man alsdann die Welle v von dem Excentricum h des Räderwerks h', welches auf der Schwungradwelle l' (Fig. 12 u. 16) befestigt worden ist, ausrückt, so bringt man das Excentricum so an, daß es genau an dem untersten Puncte seines Laufes steht (Fig. 13, 15 und 16), und daß sein Drehungspunct m' n' und folglich seine Spitzen oben befindlich sind. In dieser Stellung ist es bereit, die Ventile in dem Augenblicke wirken zu lassen, in welchem die Kolben die Bewegung zu verändern beginnen. Es muß sein Wagen o nur an dem Puncte zu bewegen

anfangen, wo die Kolben ihre Bewegung wechseln werden, d. h., am Anfange des Aufsteigens. Wir haben bemerkt, daß das Excentricum voraneilen müsse, damit sich die Ventile einen Augenblick vor dem Wechsel des Kolbenlaufs öffnen; dieses Voraneilen muß, wenn die Räder h′, b′ 30—32 Zähne haben, mindestens 2—3 Zähne betragen.

Wenn die Stellung der Kurbel und des Excentricums auf diese Weise bestimmt sind, so bezeichnet man mit Kreide auf den beiden Winkelrädern (Figur 12) zwei sich entsprechende Zähne q′, r′. Darauf nimmt man die Welle v des Excentricums weg und dreht sie für sich allein vorwärts, so daß der Zahn r′, der auf dem Rade p′ des Excentricums bezeichnet ist, mit dem zweiten oder dritten Zahne s′ t, von dem entsprechenden Zahne q′ aus, der auf dem Winkelrade h′ der Schwungradwelle l bezeichnet ist, ausgeht.

Es ist um so wichtiger, das Excentricum um einige Zähne auf der Kurbel vorwärts zu stellen, als man diese horizontal stellt, um das Excentricum in der Mitte des Kolbenlaufs zu reguliren, und daß die Kurbel in dieser Stellung nicht wirklich in der Mitte ihres Laufs befindlich ist. Man sieht wirklich in Fig. 13, Taf. IV, daß wegen der schiefen Stellung der Kurbelstange, wenn der Balancier in der Mitte seines Laufs ist, die Stellung der Kurbel ab, welche diesem entspricht, über der horizontalen Linie ac befindlich ist, so daß die von der Kurbel durchlaufenen Räume während der beiden Hälften des Balanciers und des Kolbenlaufs nicht gleich sind. Die Kurbel hat daher während ihres obern Laufs eine geringere Geschwindigkeit, als während ihres untern, wenn die Dauer beider Läufe vollkommen gleich ist; allein es wird diese Differenz durch das Schwungrad merklich verbessert.

Das Excentricum muß daher nothwendig um mehrere Zähne auf der Kurbel voraneilen, d. h., wenn die Kurbel auf der Hälfte ihres Laufs ist, so wird das Excentricum schon diese Hälfte um 4 Zähne von 30 oder 32 überstiegen haben, d. h., etwa um ein Achtel.

Theorie des Voraneilens von dem Schieber. Das Voraneilen des Schiebers, dessen Nutzen jetzt überall anerkannt worden ist, und welches einen sehr großen Einfluß auf den Nutzeffect einer Maschine ausübt, hat den Zweck, den Einfluß der Zusammenpressung zu vermindern, welche, wenn man kein Voraneilen gäbe, während der Zeit stattfinden würde, welche zwischen dem Zeitpuncte des Aufschließens der Ausströmungsöffnung und demjenigen Augenblicke verfließt, in welchem sich das Gleichgewicht zwischen dem Dampfe, der gewirkt hat und dem Condensator, herstellt, so daß folglich das Nachbleiben des niedergehenden Kolbens vermindert wird. Es wird dadurch auch das Einströmen des wirksamen Dampfes in dem ersten Augenblick erleichtert. Aus diesem Voraneilen würde auch folgen, daß, da die Einströmungsöffnung etwas früher aufgeschlossen wird, der Kolben einen Augenblick mit Gegendampf gehen würde, wenn man nicht die Vorsicht gebrauchte, dem Schieber eine etwas größere äußere Bedeckung zu geben.

Die Wirkung der Bedeckung ist zu gleicher Zeit die, die Oeffnungen etwas früher zu verschließen und folglich Veranlassung zu einer Expansion zu geben, welche, mit Hinzurechnung der von der Maschine veranlaßten 2c., eine kleine Kraftverminderung veranlaßt, jedoch mit einer weit wichtigern Verminderung des Dampfverbrauches. Bei manchen Locomotiven hat man die Bedeckung sehr vergrößert und dadurch eine

bedeutende Expansion und Brennmaterialverminderung herbeigeführt.

Das Voraneilen des Schiebers ist eine von den wichtigsten Bedingungen für den guten Gang einer Maschine. Dieses Voraneilen muß $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ von dem ganzen Laufe der Kurbel betragen.

Nachdem nun die Excentricumwelle in ihren Lagern befestigt worden ist, wobei die Kurbel auf der Seite, wo sie emporsteigt, stets horizontal, und das Excentricum, wie schon bemerkt, am untersten Puncte seines Laufs ein Wenig voraneilt: so bringt man den Schieber oder das cylindrische Ventil x gänzlich auf den Boden von der Büchse des kleinen Cylinders, wie es in den Figg. 16 und 20, Taf. V, dargestellt worden ist. Auf demselben ist die Kurbel horizontal im Aufsteigen, das Excentricum und der Schieber befinden sich am untersten Punct ihres Laufs. Man bringt alsdann auch das obere Kegelventil (man sehe dieselben Figuren) in die Büchse des großen Cylinders; man läßt die kupferne Querstange u' hinab, um die Federn z zusammenzudrücken, und zieht die Druckschrauben scharf an, so daß die Querstange u' auf der Stange y des untern Ventils b' nicht gleitet, sondern sie im Gegentheil in ihre Bewegung mit hineinzieht. Man muß diese kupferne Querstange senken, bis daß die Stahlfedern hinreichende Spannung haben, um das untere Ventil schnell zu verschließen, wovon man sich überzeugt, wenn man auf die Querstange drückt, um das Ventil zu öffnen und alsdann plötzlich davon abläßt.

Ist dies geschehen und sind alle Ventile geschlossen; so senkt man die große Kurbel l der Ventile unter der kupfernen Querstange e', welche auf dem Ringe v' dieser Kurbel ruht, und diese Senkung muß genau gleich der Hälfte von dem Laufe des Excentricums sein. Wenn dieser Lauf 5 Centimeter

(2 Zoll) beträgt, wie bei den Maschinen von 10 Pferdekräften, so läßt man zwischen der Kurbel l und der Querstange c' $2\frac{1}{2}$ Centim. (1 Zoll) Spielraum. Man befestigt alsdann diese Kurbel mittelst ihrer beiden Druckschrauben an den Excentricumstangen, damit sie das Gleiten verhindert.

Senkt man alsdann die kleine Kurbel m um $2\frac{1}{2}$ Cent., d. h., um $\frac{1}{2}$ Excentricumlauf, so nöthigt man die Federn z, sich zusammenzudrücken, und veranlaßt folglich das untere Ventil b', daß sich dasselbe um eine gleiche Größe öffne. Man mißt diese Senkung auf den eisernen Stangen, um welche sich die Federn z wickeln, sehr leicht mittelst eines Theilungspunctes an dieser Stange, ehe man das Ventil wirken läßt. Man befestigt alsdann die kleine Kurbel m auf den Excentrikenstangen g, g, mittelst ihrer Druckschrauben, in dem Augenblick, in welchem, indem man auf die Federn drückt, das untere Ventil sich, wie bemerkt, um $2\frac{1}{2}$ Centimeter geöffnet hat. Auf diese Weise wird das untere Ventil b' geöffnet, um den Dampf, welcher während des Niederganges unter dem großen Kolben befindlich war, zum Condensator strömen zu lassen, und das obere Ventil a' ist verschlossen, um den Weg zum Condensator zu unterbrechen, damit der Dampf, welcher unter dem kleinen Kolben befindlich war, auf den großen strömen könne. Da alsdann der Schieber x am Boden ist, und da er unmittelbar mit dem Excentricumwagen in die Höhe steigen muß, sobald dieser seine Bewegung wieder beginnen muß, so befestigt man auf der großen Kurbel l der Ventile, mittelst einer Druckschraube, den obern Ring h', welcher den Schieber heben muß, ohne ihm Spielraum zu lassen, weil der auf diese Weise befestigte Ring den Schieber nie verhindern könnte, bis zu dem Boden niederzugehen, weil man ihn vorläufig dahin gebracht hat.

Man läßt alsdann die Maschine einen halben Umgang machen und bringt die Kurbel g in eine horizontale Stellung, entgegengesetzt der, welche sie vorher einnahm, d. h., in die Mitte ihres niedergehenden Laufs, wie es mit punctirten Linien in der Fig. 16 angegeben worden ist. Das Excentricum befindet sich alsdann an dem höchsten Puncte seines Laufs, die Spitze nach Unten; diese Stellung ist in den Figg. 13 und 15 punctirt dargestellt. Das obere Ventil a' ist jetzt geöffnet, um den auf den großen Kolben einwirkenden Dampf zum Condensator gelangen zu lassen; das untere Ventil b ist geschlossen. Der Schieber x, der sich anfänglich unten befand, muß am obern Ende seines Laufs stehen (Fig. 18). Man überzeugt sich davon mit der Hand; alsdann befestigt man den untern Ring z', ohne irgend einen Spielraum, mittelst seiner Druckschraube, unter der großen Kurbel, so daß, wenn die Läufe des Excentricums und des Schiebers nicht ganz gleich sind, der nöthige Spielraum auf diese Weise zwischen den beiden Ringen bestimmt ist, ohne daß die Kurbel auf den Schieber drücken kann. Zur Vermeidung des Geräusches, welches die Ringe machen, indem sie auf der großen Ventilkurbel spielen, kann man zwischen ihnen und dem Kurbelringe zwei kleine Lederscheiben anbringen.

Man muß sehr sorgfältig dahin sehen, daß alle Druckschrauben mit Gewalt angezogen seien, weil sonst die große Kurbel sehr rasch auf ihren Stangen gleiten würden, wodurch die Ventile in Unordnung gerathen und der Betrieb der Maschine sich vollständig verändern würde. Wirklich gleitet die große Kurbel, durch den Widerstand der Ventile, welche sie an den beiden Enden hebt, mit fortgezogen, sehr häufig auf den Excentrikenstangen, so daß der Lauf des obern Ventils a' sich vermindert und der am Aufsteigen

gehinderte Schieber x nicht mehr vollständig geschlossen werden kann, so daß der Dampf während des Niederganges des Kolbens unter denselben tritt und sich seiner Bewegung widersetzt. Man muß alsdann die Regulirung der Ventile auf dieselbe Weise wieder von Vorn anfangen, indem man jedoch nur die in Unordnung gerathenen Theile berücksichtigt, oder wenigstens, wenn man den Betrieb der Maschine zu diesem Zwecke nicht gänzlich unterbrechen will, den cylindrischen Schieber mehr Spielraum geben, indem man den untern Ring ein Wenig senkt, so daß er sich frei schließen kann.

Nothwendigkeit einer vollständigen Regulirung. Wir können gar nicht sagen, welch' eine große Sorgfalt auf die Regulirung der Ventile zu verwenden ist. Ein zu großes Voraneilen oder Zurückbleiben reichen hin, um einen Irrthum in der Regulirung der Ventile zu veranlassen, welche, indem sie sich zuweilen zu viel oder zu wenig verschließen, unerläßlich die ernsthaftesten Unordnungen bei dem Betriebe der Maschine und große Dampfverluste veranlassen würden. Außerdem würden fast immer mehr oder minder heftige Stöße veranlaßt werden, welche, selbst wenn sie auch gering sind, durch ihre stete Wiederholung eine schnelle Ermüdung und ein Verderben der Maschine veranlassen würden. Wenn demnach aufmerksame Besitzer oder Wärter von Maschinen Stöße an denselben hören, deren Ursache sie nicht sogleich anzugeben vermögen, betreffen sie nun losgezogene Schließkeile, oder das Parallelogramm, oder den Kopf der Kurbelstange, oder die Kurbelwarze, so müssen sie dieselben fast immer in einer schlechten Regulirung der Ventile suchen und dieselben sogleich genau revidiren.

Zuweilen ist das Futter, in welchem der cylindrische Schieber oder Kolben sich bewegt, undicht,

und es wird dadurch eine Vermehrung des Brennmaterialverbrauchs bewirkt; man muß es alsdann auswechseln, oder aber eins von den Ventilen der großen Büchse verschließt den Durchgang zum Condensator nicht und nimmt der Maschine einen Theil ihrer Kraft und ihrer gewöhnlichen Geschwindigkeit; man muß sie in diesem Falle neu zusammenschmirgeln.

Schieberregulatoren.

Regulator der Maschinen mit zwei Cylindern. Dieser Regulator ist sehr einfach und kommt wenig in Unordnung. Er besteht für jede der Büchsen der beiden Cylinder aus einem Muschelschieber von Rothguß a (Taf. VI, Fig. 5, 7, 8, 9, 10, 11), welche auf einer gutabgerichteten gußeisernen Oberfläche b b sich bewegt und die drei Dampföffnungen öffnet oder verschließt. Ein Excentricum b (Fig. 4), welches auf der Kurbelwelle a sitzt und sich in einem Wagen bewegt, führt diese Schieber mittelst einer Winkelbewegung und der beiden Ventilstangen.

Regulirung. Nichts ist leichter, als die Regulirung dieser Ventile. Die excentrische Scheibe wird schon in der Maschinenbauwerkstatt befestigt und ajustirt, so daß, wenn die Maschine in ihrem Mittelpuncte befindlich ist, und die Kurbel unten, das Excentricum sich in der Mitte seines Laufs befindet und seine Drehungsaxe unten. Es ist für eine Maschine ajustirt, welche sich nach Einwärts dreht, wie dies am Häufigsten der Fall ist, d. h., daß die Kurbel auf der Seite der Dampfbüchsen und zu ihnen aufsteigt. In dieser Stellung regulirt man die Stange der Winkelbewegung so, daß der Arm derselben horizontal und folglich in der Mitte seines Laufs befindlich sei.

Hebt man nun die Schieber mittelst der dazu dienenden Schrauben, so gelangt man dahin, sie so zu stellen, daß sie in den beiden Büchsen genau die 6 Dampföffnungen bedecken. Man sieht in den Figuren 5 und 6 die Schieber der großen und der kleinen Büchse in der beschriebenen Stellung. Sie werden in dieselbe Stellung zurückgelangt sein, sobald die Maschine auf ihrem andern Mittelpuncte, die Kurbel nach Oben, gelangt sein wird; alsdann wird aber das Excentricum eine solche Lage haben, daß sich der Drehungsmittelpunct oben und stets in der Mitte seines Laufes befindet. Es wird demnach auch leicht sein, die Schieber in dieser, sowie in der vorhergehenden Stellung zu ordnen.

Es haben diese Schieber das Nachtheilige, zu schwanken, wenn sich ihr Aufhängungspunct oben befindet, und hauptsächlich, wenn sie sich durch die Reibung abzunutzen anfangen, sich von dem Körper der Büchse entfernen und alsdann Dampf entweichen lassen. Die Anwendung einer Feder, welche auf den Schieber drückt, verhindert diesen Unfall. Man darf es auch nicht vergessen, diesen Schiebern $\frac{1}{8}$ Voraneilen zu geben, wie es bei den Hall'schen Dampfbüchsen der Fall ist; der Zweck und die Resultate sind gänzlich dieselben. Man kittet darauf die Muscheln über die Schieber, und die Maschine ist regulirt.

Vorzüge und Nachtheile dieser Büchsen. Die Ursache, warum man jetzt bei fast allen Mittel- und Hochdruckmaschinen diese sehr einfachen Büchsen eingeführt hat, besteht darin, daß sie den Vortheil gewähren, dem Dampfe schnell einen weiten Durchgang zu gestatten, obgleich sie in dieser Beziehung den Kegelventilen nachstehen. Ihr größter Nachtheil ist der, daß sie bei Dampf von mehrern Atmosphären Veranlassung zu einer sehr bedeutenden

Reibung geben. Jedoch sind es sehr gute Büchsen, wiewohl sie, nach der Ansicht erfahrner Maschinenbauer, in Beziehung auf den Brennmaterialverbrauch und überhaupt auf den Gang der Maschine keine Vorzüge gegen die Hall'schen Büchsen haben. Als eine sehr zweckmäßige Maßregel müssen wir stets den Rath geben, die Dampföffnungen recht weit zu machen, um ihre Höhe und folglich auch den Lauf des Schiebers möglichst zu vermindern.

Regulator der Niederdruck- oder Watt'schen Dampfmaschine. Die Regulirung dieser Schieber hat durchaus keine Schwierigkeit. Es genügt zu wissen, von welcher Seite sich die Kurbel drehen muß, und diese Seite wird durch die Stellung der excentrischen Scheibe auf der Kurbelwelle bestimmt. Man sieht in Fig. 14, Taf. VI, daß nach der Stellung der Kurbel **a** und des doppelten Schiebers **b c** die Kolben niedergehen und die Kurbel steigt. Diese Maschine ist demnach so regulirt, daß sie sich nach Außen dreht, d. h., daß die Kurbel auf derjenigen Seite steigt, welche den Dampfbüchsen entgegengesetzt ist. Wenn sie sich nach Einwärts dreht, d. h., wenn die Kurbel in der Stellung, in welcher sie gezeichnet ist, in der Mitte ihres niedergehenden Laufs begriffen wäre, so müßte das Excentricum **d**, statt auf der Welle im Gegensatze mit der Kurbel zu stehen, sich auf derselben Seite, wie sie, befinden; denn da die Kurbel stets auf derselben Stelle bleibt, so würde sich der Excentrikenring **e** am Ende seines Laufs befinden und die Ventile am untern Ende des ihrigen. Es würde daraus folgen, daß die Kolben in die Höhe und die Kurbel abwärts ginge, welches das Entgegengesetzte von der hier verzeichneten Regulirung ist. Hat man sich Rechenschaft von dieser Einrichtung gegeben, so ist die vorliegende Regulirung sehr einfach. Das Ex-

centricum d, die Größe der Bewegung der Winkel g h, und folglich der Lauf der Ventile, sind auf eine bestimmte Weise angegeben, wenn die Maschine in der Werkstatt aufgestellt wird. Nur die Länge der Zugstange f kann um eine geringe Größe mittelst der Schrauben i, k, wenn dies bei der Aufstellung nöthig ist, verändert werden. Es reicht demnach hin, sobald diese Bewegungen festgestellt sind, der Kurbel bei'm Aufstellen eine horizontale Richtung zu geben, und selbst etwas zurück gegen ihre horizontale Lage, damit das Excentricum und die Ventile ein geringes Voraneilen erlangen. Man bringt alsdann den Schieber b c an den höchsten Punct seines Laufs, um auf einer Seite die Verbindung zwischen der Röhre, durch welche der Dampf einströmt, l, um unter den Kolben zu gelangen, und zwar durch die Leitung l m, und andererseits zwischen dem Raum unter dem Kolben und der Condensatorröhre n durch die Leitung o wiederherzustellen. Die Maschine ist alsdann vollkommen regulirt.

Von der Expansion. Wenn man Dampf von 4 Atmosphären Druck in einen Cylinder während des ganzen Kolbenlaufs einströmen läßt, so behält er während der ganzen Zeit dieselbe Spannung, welche fast dieselbe, wie die im Generator, ist. Wenn man dagegen, sobald der Kolben die Hälfte seines Weges zurückgelegt hat, das Einströmen des Dampfes aus dem Kessel verschließt, so setzt der Kolben seinen Weg fort, indem sich der Dampf expandirt oder ausdehnt, ein größeres Volum einnimmt, während jedoch sein Druck noch größer ist, als der auf der andern Seite des Kolbens einwirkende. Wenn nun derselbe das Ende seines Laufs erreicht hat, so ist das von dem Dampf eingenommene Volum das Doppelte von seinem ursprünglichen; allein es ist zu gleicher Zeit sein Druck auch zweimal geringer geworden. Allgemein ausgedrückt, vermindert der sich

expandirende Dampf, um ein größeres Volum einzunehmen, nach und nach seine Spannung, und zwar im umgekehrten Verhältnisse von dem Volum, welches er nach und nach annimmt. Indem er daher den Kolben mit einem gewissen Drucke, der abnimmt, aber leicht bestimmt werden kann, vor sich hertreibt, entwickelt er einen Nutzeffect, der auf das Schwungrad fortgepflanzt wird.

Leistung der Expansion. Man findet sehr bald durch die Erfahrung und durch die Berechnung, daß die während der zweiten Hälfte des Laufs von dem Kolben durch den sich expandirenden und seine Spannung vermindernden Dampf entwickelte Leistung nicht ebenso groß ist, als die von demselben Dampfe mit seinem ursprünglichen Druck und auf der ersten Hälfte des Kolbenlaufs geleistete Arbeit, indem sie nur etwa $\frac{3}{4}$ davon beträgt. Allein da es dieselbe Dampfmenge ist, welche eine zweite Leistung verrichtet, so ist es offenbar, daß mit der Expansion des Dampfes und mit der dadurch herbeigeführten doppelten Leistung ein großer Vortheil verbunden ist. Man wendet das Princip der Expansion mit gleichem Vortheil bei den Nieder- und bei den Hochdruckmaschinen an. Man läßt den Dampf mit dem Druck im Generator und zwar während eines Viertels, oder höchstens während eines Drittels von dem Kolbenlauf einströmen, unterbricht alsdann seinen Eingang und läßt ihn auf den Kolben wirken, indem er sich wenigstens um das Vierfache, Dreifache oder Doppelte seines Volums expandirt.

Expansion bei den Woolf'schen Maschinen. Die bei den Dampfmaschinen mit zwei Cylindern angenommene Methode besteht in der Anwendung von Dampf mit 3 oder 4 Atmosphären, der in dem kleinen Cylinder ohne Expansion wirkt und alsdann in einen großen Cylinder einströmt,

woselbst er sich mit dem Sechs= oder Siebenfachen seines ursprünglichen Volums expandirt. Man hat bei dieser großen Expansion einen bedeutenden Vortheil in Beziehung auf die Brennmaterialersparung erlangt. Bei den Maschinen mit einem Cylinder besteht der zur Regulirung dieser Expansion angewendete Apparat in einem Hahn oder in einem Schieber, welcher vor dem Regulator angebracht ist, und eine solche Einrichtung hat, um die Verbindung zwischen dem Generator und der Vertheilungsbüchse an dem nöthigen Puncte zu unterbrechen, d. h., an der Hälfte oder am Drittel ꝛc. des Laufs. Diese Hähne oder Schieber werden, wie die Vertheilungsschieber, von der Schwungradswelle bewegt.

Veränderungen der Expansion und veränderliche Expansion. Man wird ohne Schwierigkeit begreifen, daß, wenn man die Expansion verändert, auch die Kraft der Maschine verändert wird; und wenn man sie gänzlich aufhöbe und den Dampf mit dem ganzen Druck einströmen ließe, für den die Maschine eingerichtet ist, und zwar während des ganzen Kolbenlaufs, so würde man ihr die ganze Kraft geben, deren sie fähig ist. Man wendet zuweilen dieses Mittel an, um die Kraft einer Maschine da verändern zu können, wo die Größe ihrer Leistung sich häufig verändert; macht man zu dem Ende die Regulirung des Expansionsschiebers veränderlich.

Veränderliche Expansion, welche durch den Moderator regulirt wird. Einige Maschinenbauer haben es selbst für möglich erachtet, diese Expansion während des Betriebes der Maschine und im Verhältnisse ihrer Leistung zu verändern und dadurch die Kraft der Maschine zu reguliren, indem man den zur Regulirung der Expansion bestimmten

Apparat so mit dem Moderator verbände, daß sie erhöht wird, wenn der Moderator langsamer wirkt, und vermindert, wenn er eine zu große Geschwindigkeit annimmt.

Es haben jedoch diese Einrichtungen nie gute Resultate gegeben; die Größe der Regulirung des Moderators ist stets zu gering, um einer Expansion, die innerhalb sehr weiter Grenzen verschieden ist, zum Leiter zu dienen. Man gibt auf diese Weise der Maschine eine sehr nachtheilige Unregelmäßigkeit, ohne irgend ein Resultat zu erlangen. Der Druck des Dampfes im Kessel ist es, wodurch man die Kraft einer Maschine am Vortheilhaftesten verändert, wenn die Kraft des Widerstandes ebenfalls veränderlich ist.

Einrichtung einer Expansionsdampfmaschine. Wir werden zwar in dem zweiten Bande dieses Werks mehrere der am Besten eingerichteten Expansionsdampfmaschinen kennen lernen. Jedoch ist es auch schon hier erforderlich, zur Erläuterung des Obigen, die Expansionsvorrichtung näher kennen zu lernen, und wir wollen daher die des Hrn. Saulnier als Beispiel annehmen, da dieselbe durch die Erfahrung als sehr zweckmäßig anerkannt worden ist.

Herr Saulnier hat dem Vertheilungsschieber die sanfte und regelmäßige Bewegung des kreisrunden Excentricums erhalten wollen; und er hat dieselbe Art der Bewegung auf den Expansionsschieber angewendet, den er vor dem Vertheilungsschieber anbringt, um den Dampf an dem erforderlichen Punct abzuschneiden. Man findet auf Taf. IX, in den Figg. 8, 9 und 10 die Details von diesen Schiebern graphisch dargestellt.

Auf der Schwungradswelle ist ein Stirnrad b angebracht, welches ein zweites c von gleichem Durch-

messer umdreht. Das letztere ist mit einer Kurbel versehen, welche den Vertheilungsschieber d treibt. Es kommt alsdann ein drittes Rad, welches die Hälfte der Zähne von dem vorhergehenden hat. Dieses ist mit der Kurbel versehen, die den Expansionsschieber f bewegt, so daß diese Kurbel zwei Umdrehungen macht, während die der Vertheilung sich nur einmal umdreht. Die Expansion wirkt daher während eines jeden halben Kolbenlaufes einmal vollständig.

Um die Expansion verändern zu können, und damit sich der Expansionsschieber leicht öffne, läßt ihn Herr Saulnier eine bedeutendere Länge durchlaufen, als die Oeffnung ist, welche er verschließt; er hat dieser Oeffnung eine große Breite und eine geringe Höhe gegeben. In Fig. 10 sind die successiven Stellungen dargestellt worden, welche gleichzeitig annehmen:

1) Die Kurbel des Expansionsschiebers; 2) die des Verheilungsschiebers; 3) die beiden Schieber; 4) der Kolben. Indem man nun diesen Lauf in 8 gleiche Theile theilt, sieht man, daß bei einem Achtel der Umdrehung der Expansionskurbel die Vertheilungskurbel nur $\frac{1}{16}$ von einer Umdrehung macht.

Man findet ferner, daß, wenn der Kolben in die Mitte seines Laufs gelangt, der Dampf des Generators durch den Expansionsschieber vollständig unterbrochen worden ist.

Endlich, daß der Dampf während der zweiten Hälfte des Laufs sich nach und nach expandirt, welches auf den Figuren durch die verhältnißmäßige Abnahme der Schraffirung in dem Cylinder und in den Büchsen angedeutet worden ist.

Regulirung dieser Schieber. Man sieht auch, daß zur leichtern Regulirung dieser Schieber

man sie in der Stellung machen muß, die für den ersten Zeitpunct angegeben worden, indem die beiden Kurbeln auf derselben Seite horizontal sind; in dieser Stellung müssen die beiden Schieber in der Mitte ihres Laufs genau verschlossen werden.

Voraneilen, welches gegeben werden muß. Wenn man mit diesen Vorrichtungen die Expansion aufhalten kann, d. h., den Dampf während einer längern Zeit mit voller Pressung zuläßt, so bringt man die Kurbeln in die Stellung des ersten Zeitpuncts, bezeichnet die beiden Zähne, welche sich bei der horizontalen Stellung der beiden Kurbelräder treffen, mit Kreide; darauf nimmt man die Expansionskurbel ab und läßt sie in der Richtung der Bewegung zurücktreten, d. h., man bringt sie wieder an ihren Platz, indem man den bezeichnenden Zahn mit dem Vertheilungsrade um 1, 2 oder 3 Zähne vor denen des Expansionsrades eingreifen läßt. In dieser Stellung wird der an dem Expansionsrade bezeichnete Zahn höher stehen, als der am Vertheilungsrade; der Vertheilungsschieber wird stehen geblieben sein, während sich der Expansionsschieber gesenkt hat; er wird demnach zum vollständigen Verschluß des Durchganges später kommen, und die Expansion wird eine geringere sein.

Man wird das Gegentheil thun, d. h., man wird das Expansionsrad um eine bestimmte Größe vorrücken, wenn man dieselbe erhöhen wollte; zählt man nun die Anzahl der Zähne dieses Rades, so weiß man, in welchem Verhältnisse die Zunahme oder die Abnahme der Expansion bewerkstelligt werden wird.

Schieber der Maschinen mit zwei Cylindern, von Granger. Mag man auch eine Maschineneinrichtung antreffen, welche man will und

man hat die obigen beschriebenen Apparate gehörig verstanden, so wird man keine Schwierigkeiten finden, die Dampfvertheilung zu reguliren.

Man findet in den Figg. 4—10 der Taf. VI eine genaue Abbildung der Einrichtung und der Bewegung der Maschinen mit zwei Cylindern des Hrn. Granger; jedoch werden wir diese, sowie noch andere Expansionsmaschinen, nebst einer allgemeinen Uebersicht über die bis jetzt bekannten Expansionsvorrichtungen, im zweiten Bande des vorliegenden Werkes genauer kennen lernen, auf welchen wir daher auch verweisen. Wir bemerken hier nur, daß der kleine Schieber vier Oeffnungen hat; eine, welche den Dampf aus dem Mantel und aus dem Kessel in die Muschel führt; — zwei andere, welche diesen Dampf über und unter den kleinen Kolben führen; und endlich die vierte, die den Dampf, der über und unter dem Kolben gewirkt hat, in die große Büchse führt. Die Einrichtungen der Büchse von dem großen Cylinder sind dieselben, nur daß die erste Oeffnung den Dampf aus der Büchse des kleinen Cylinders dahinführt, und die vierte den Dampf, welcher auf und unter dem großen Kolben gewirkt hat, zum Condensator leitet. Sie reguliren sich genau und ohne Schwierigkeit mit den hinweggenommenen Muscheln, wie wir es weiter oben genauer bemerkt haben.

Condensator.

Fälle, in denen der Condensator unmittelbar Wasser aus einem Brunnen ansaugen kann. Es gibt zwei Arten der Einrichtung der Dampfmaschinen-Condensatoren: entweder ziehen sie ihr Wasser direct aus einem Brunnen und zwar mittelst einer kupfernen und bleiernen Röhre, welche in a, Fig. 4, Taf. V, mit punctirten Linien

angedeutet ist, oder sie schöpfen es aus einem Trog oder Wasserkasten e, in welchem sie angebracht sind, und in welchen eine Pumpe fortwährend einen Strom kalten Wassers aus einem Brunnen oder Schacht ꝛc. ausgießt. Die erste Methode muß nur dazu angewendet werden, um das Wasser aus einer geringen Tiefe zu schöpfen, weil der Condensator sonst häufigen Unfällen ausgesetzt sein würde, und man muß ihn immer in einen mit Wasser angefüllten Kasten stellen, um es zu vermeiden, daß er durch die Verkittung seiner Röhren Luft ansauge. Sobald die Tiefe, aus welcher man Wasser aufnehmen muß, 20—24 Fuß übersteigt, von dem Hahne c des Condensators bis zu dem Wasserspiegel gerechnet, welcher Spiegel während des Betriebes von der Maschine stets derselbe bleibt, so ist der Condensator dem Nachtheil unterworfen, sich sehr häufig zu erhitzen. Dies rührt nämlich daher, daß, wenn sich die Temperatur des Wassers um einige Grade mehr erhebt, als gewöhnlich, der Dampf in dem Condensator eine zu bedeutende Spannung behält und die Luftleere sich nicht hinlänglich vollständig herstellen läßt, um eine so lange Wassersäule anzusaugen.

Ueber 20 Fuß muß man daher zur Speisung des Wasserkastens stets eine Pumpe anbringen, wogegen es unter 20 Fuß nichts Nachtheiliges hat, das Wasser unmittelbar mittelst einer weiten und sorgfältig mit dem Condensator verkitteten Röhre anzusaugen.

Spannung der Luft und des Dampfes in dem Condensator. Wenn, z. B., die von dem Wasserspiegel des Brunnens bis zu dem Condensator zu hebende Wassersäule 8 Meter oder etwa 25 Fuß hoch ist, und wenn die Temperatur in dem Condensator 30° C. beträgt, so kann der Dampf von dieser Temperatur eine Wassersäule von 4 De-

timetern (16 Zoll) halten, welches, zu den 8 Metern hinzugesetzt, 8 Meter 40 Centim. macht. Da nun das ganze Gewicht der Luft, welche das Wasser in den Pumpen steigen läßt, gleich einer Wassersäule von 10,40 Metern ist, so ist es klar, daß das Wasser in dem Condensator emporsteigen wird, weil zwischen den Höhen der Wassersäule, welche Luft halten kann, und derjenigen, welche sie hier hebt, ein Unterschied von 2 Metern ist, obgleich in den Condensatoren sich stets eine gewisse Quantität Luft befindet, welche ihre Spannung zu der des Dampfes fügt, und folglich die Höhe vermindert, bis zu welcher das Wasser emporsteigen kann. Nehmen wir die Spannung gleich dem Gewicht einer Wassersäule von 0,65 Metern an, die mit den 8,40 Metern zusammen 9,05 Meter für das Gewicht der zu hebenden Wassersäule machen. Wenn nun die Temperatur des Condensators sich bis auf 50° erhöbe, so ist die Spannung des Dampfes bei 50° gleich dem Gewicht einer Wassersäule von etwa 1,20 Meter. Fügt man nun diese 1,20 Meter zu den 8,40 Metern der zu hebenden Wassersäule, sowie zu den 0,65 Metern hinzu, welche die Spannung der Luft darstellen, ohne die Vermehrung zu berücksichtigen, welche diese Spannung durch die Temperaturerhöhung erlitten hat, so findet man, daß die Höhe der zu hebenden Wassersäule gleich 10,25 Metern sei. Es folgt daraus, daß das Gewicht der äußern Luftsäule gleich 10,40 Metern ist, welche, außer dem Gewicht einer Wassersäule von 10,25 Metern, alle Reibungen des Wassers in den Röhren überwinden muß, zu ihrer Hebung nicht mehr hinreicht. Die Differenz würde noch weit größer sein, wenn man das untersuchte, was in einem ähnlichen Condensator vor sich geht, wenn die Maschine Luft einnimmt, welche bald

die Spannung des Dampfes verdreifacht und ver-
vervierfacht.

In den beiden Fällen muß das untere in den Brunnen oder Schacht tretende Ende der Röhre mit einem Siebe versehen sein, um zu verhindern, daß Steinchen und Unreinigkeiten mit in den Condensator geführt werden. Diese Sieböffnungen müssen groß genug und in hinreichender Menge vorhanden sein, um ohne Widerstand die erforderliche Wassermenge hindurchgehen zu lassen. Kann man die Pumpe weglassen, so vermeidet man auch die Kosten der Reparaturen, denen sie unterworfen ist und vermindert die Reibung der Maschine. Es muß jedoch in dem einen oder in dem andern Falle stets dieselbe Wassermenge gehoben werden, so daß die Differenz der Belastung von geringer Wichtigkeit ist.

Von der Erwärmung des in einem Wasserkasten befindlichen Condensators. Wenn der Condensator in einem Wasserkasten hängt, so kann er sich nicht erwärmen, sobald sein Hahn nicht verstopft, oder durch Nachlässigkeit verschlossen ist. Ein anderer Fall, in welchem eine Erwärmung vorkommen kann, besteht darin, daß, wenn die Pumpe nicht genug Wasser liefert, sei es nun, daß sie in Unordnung gerathen, oder daß der Brunnen ausgeschöpft sei, oder daß durch irgend einen der Zufälle, welche wir angaben, als wir von den Cylindern, den Kolben und den Ventilen redeten, der Dampf unmittelbar aus dem Kessel zum Condensator strömt, oder daß endlich die Maschine in einem so schlechten Zustande befindlich sei, um eine so große Dampfmenge zu verbrauchen, daß alles durch die Pumpe des Schachtes gelieferte Wasser zu seiner Condensation nicht hinreicht. In diesem letztern Falle muß man die Maschine repariren. Der Condensator er-

hitzt sich außerdem auch noch, wenn er keine hinlängliche Größe im Verhältnisse zu der des Cylinders hat. Wirklich muß der Condensator stets für die Cubikzahl seines Kolbenlaufs $\frac{1}{6}$ von dem räumlichen Inhalte des Cylinders haben, wenn die Maschine nur einen Cylinder hat und $\frac{1}{8}$ von dem Laufe des großen Cylinders bei den Woolf'schen Maschinen. Im ersten Fall ist es, um zu vermeiden, daß der Condensator, welcher das Wasser unmittelbar aus einem Kasten schöpft, nicht die Unreinigkeiten oder irgend andere in den Kasten gefallene Gegenstände ansauge und seinen Hahn verstopfe, nothwendig, vor diesem Hahne c ein Sieb mit großen Oeffnungen d anzubringen, und ähnlich dem, welches in dem Brunnen oder Schacht am Ende der Saugröhre a angebracht ist. Es ist dieser Umstand wohl zu berücksichtigen, indem durch eine Verstopfung des Hahns sehr leicht eine Erhitzung des Condensaturs veranlaßt werden kann.

Wenn der Brunnen kein Wasser mehr hat, so muß man diesem Mangel sofort durch eine weitere Vertiefung, oder durch ein anderes Mittel abzuhelfen suchen; denn eine Condensationsmaschine, die Wassermangel hat, kann nie gut gehen, und ebensowenig eine regelmäßige Leistung geben.

Erwärmung des Condensators, welcher Wasser aus einem Brunnen schöpft. Wenn dagegen der Condensator das Wasser unmittelbar aus dem Brunnen oder Schachte zieht, so ist eine geringe Unordnung an der Maschine, eine geringe Vermehrung des Dampfverbrauchs, oder die Unaufmerksamkeit des Wärters, welcher dem Hahn eine zu geringe Oeffnung läßt, hinreichend, um den Condensator zu erwärmen; und es ereignet sich dieser Unfall um so häufiger, je bedeutender die Tiefe ist, aus welcher das Wasser gehoben werden muß.

Man muß alsdann die Maschine sofort aufhalten, dann kaltes Wasser in den Condensator gießen, indem man die Klappe wegnimmt, damit es hineindringe. Man muß es vermeiden, dieses kalte Wasser auf den Mantel des Condensators zu gießen, wenn derselbe zu warm ist, weil man sonst in die Gefahr gerathen würde, daß er zerspränge. Es ist zweckmäßig, alles warme Wasser aus dem auf diese Weise angefüllten Condensator hinauszuschaffen, indem man die Maschine durch Menschenkräfte dreht; man muß darauf dasjenige Wasser, welches oben in dem Condensator bleiben würde, herausschöpfen. Steht der Condensator in einem Wasserkasten, so muß man denselben auch ausleeren nnd mit frischem Wasser anfüllen. Mit einem Worte, man kann den Condensator nicht vollständig genug abkühlen, ehe man die Maschine wieder in Betrieb setzt, damit man nicht genöthigt sei, diese unangenehme Arbeit nochmals zu wiederholen; denn hier, wie überall, ist das Beste stets das Kürzeste und Wohlfeilste.

Verstopfung der Saugröhre. Der auf diese Weise abgekühlte Condensator befindet sich in dem Zustande, das Wasser aus dem Schacht oder Brunnen zu heben, sobald die Saugröhre a nur nicht verstopft ist, wovon man sich leicht überzeugen kann. Sobald ein regelmäßiges Ansaugen stattfindet, so hört man das Wasser mit einer großen Geschwindigkeit in der Röhre emporsteigen, und wenn die Röhre verstopft ist, so hört dieses Geräusch vollständig auf. Man kann während dieser Operation den Condensatorhahn t geöffnet lassen; die Saugröhre, welche sich zu gleicher Zeit mit dem Condensator erhitzt hat, wird dann leichter wieder kalt.

Regulirung des Saughahns. Wir wollen mit wenigen Worten wiederholen, welches die Hauptursachen der Erhitzung der Condensatoren sind:

1) wenn man es vergißt, den Condensatorhahn zu öffnen, sobald die Maschine in Gang gesetzt wird; 2) wenn man ihn nicht hinreichend während des Betriebes öffnet; 3) wenn der Hahn verstopft ist; 4) endlich, wenn er zu eng ist, weshalbman ihn alsdann sofort auswechseln muß. Wenn man die Temperatur des Wassers mit der Hand untersucht, so ist es, da dieselbe 40 Grad nie übersteigen darf, leicht, den Hahn zu reguliren und ihn einige Augenblicke lang gänzlich zu öffnen, wenn das Wasser zu warm würde. Es wird alsdann eine große Wassermenge angesogen, wodurch der Condensator gänzlich abgekühlt wird.

Einfluß der Temperatur des Wassers in dem Condensator auf das Ansaugen, wenn der Schacht tief ist. 5) Der Condensator erhitzt sich auch, wenn man das Wasser aus einer großen Tiefe hebt und man die Verdichtung zu warm bewirkt, weil, wie wir bemerkt haben, wenn die Temperatur des Condensators sich über den Grad zu erheben anfängt, welchen sie beibehalten muß, die Luftverdünnung nicht ebensogut bewerkstelligt werden und das Wasser nicht ebensohoch angesaugt werden kann; das in dem Condensator enthaltene Wasser fängt alsdann an zu kochen, und es kann die Condensation nicht weiter bewirkt werden.

Abnutzung der Kolbenliderung und der Stopfbüchse. 6) Der Condensator kann sich auch noch erwärmen, wenn sein Kolben nicht mehr gehörig mit Hanf gelidert ist, welches man leicht dadurch erkennt, wenn die in Gang gesetzte Maschine 6—8 Umgänge macht, ohne daß Wasser angesaugt wird, weil die Luft mit Leichtigkeit durch den Kolben dringt, unter demselben keine Luftverdünnung mehr bewirkt werden kann und das Wasser nicht mehr steigt.

Derselbe Unfall zeigt sich, wenn die Stopfbüchse f des Condensators schlecht gelidert ist; wenn in dem Augenblicke, wo man die Maschine in Betrieb setzt, diese Büchse alsdann nicht mit Wasser bedeckt ist, so läßt sie die Luft mit einem starken Pfeifen zurücktreten, welche sich dem Ansaugen des Wassers widersetzt. In beiden Fällen und jedesmal dann, wenn die Maschine nach einem langen Aufenthalte wieder in Betrieb kommt, ist es zweckmäßig, einige Eimer voll kaltes Wasser in den Condensator zu gießen, um die Stopfbüchse zu bedecken und das Ansaugen leichter und schneller zu machen.

Der Condensatorkolben kann zu Boden fallen. Wir fügen hier eine Bemerkung hinzu, die von Nutzen sein kann, nämlich, daß man dafür sorgt, den Kolben, wenn man ihn wieder befestigt, nachdem man ihn vorher auseinandergenommen hat, nicht zu Boden fallen zu lassen. Er würde alsdann unvermeidlich an dem untern Rande g des Cylinders, mittelst seiner Liderung, hängen bleiben, und es würde alsdann fast unmöglich sein, ihn wieder in die Höhe zu ziehen. Das einzige Mittel wird in diesem Falle das sein, die Verkittung des Condensatorbodens loszumachen und den Kolben unten herauszunehmen. Es muß aber alsdann dieser Boden von Neuem mit Gußeisenkitt aufgekittet und dabei die größte Sorgfalt angewendet werden, damit keine Luft hindurchdringen könne. Wenn dieser Boden nicht eingekittet, sondern das Ganze aus einem Stücke gegossen ist, wie Fig. 4, Taf. V, zeigt, so müßte man alsdann den Pumpenkörper losmachen, der bei 11 schwalbenschwanzartig in seinen Mantel m eingelassen ist, und ihn dann mit derselben Vorsicht wieder befestigen. Es ist demnach zweckmäßig, wie es auch mehrere Maschinenbauer thun, auf dem Boden der Condensatoren einen kleinen

eisernen Dreifuß n anzubringen, welcher den Kolben in der Pumpenröhre festhält, wenn er abfällt.

Dauer der Liderung des Condensatorkolbens. Der Condensatorkolben kann zwei bis drei Jahre gebraucht werden, ohne daß seine Liderung ausgewechselt zu werden braucht, wenn der Condensator in einem Kasten mit kaltem Wasser angebracht ist. Wenn jedoch das Condensationswasser aus einem Brunnen oder Schachte, besonders von bedeutender Tiefe, angesaugt werden muß, so muß man die Liderung alle drei bis vier Monate auswechseln, was unumgänglich nothwendig wird, wenn das Wasser nach sieben bis acht Zügen der Maschine aufzusteigen versagt. Uebrigens ist die Dauer der Liderung nach der Tiefe, aus welcher man das Wasser hebt, verschieden. Je bedeutender diese ist, umsomehr muß der Condensatorkolben in einem guten guten Zustande erhalten werden.

Von der Luft, welche der Condensator gibt, und von den Mitteln, die Oeffnungen zu erkennen, durch welche sie in die Maschine dringt. 7) Es kann auch noch eine Erwärmung erfolgen, wenn die Röhre a, durch welche das Wasser in dem Brunnen angesaugt wird, Luft fängt, oder wenn der Brunnen nicht genug Wasser gibt und die Röhre durch ihr Sieb Luft ansaugt. Man überzeugt sich leicht davon, wenn alle Stopfbüchsen und die Verkittungen der Maschine in gutem Zustande sind und der Condensator viel Luft gibt. Das Wasser wird alsdann bei jedem Kolbenzuge sehr stark durch das Kochen dieser Luft herausgeworfen, eine Wirkung, die nicht so stark ist, wenn die Luft von der Maschine, als wenn sie von dem Condensator kommt, ohne Zweifel, weil sie in diesem letztern Falle noch kalt in dem Condensator gelangt und sich darin plötzlich bedeutend ausdehnt.

Wenn außerdem die Luft durch die Cylinder oder durch die Büchsen angesaugt worden ist, so wird die Maschine dadurch sehr belastet, welches nicht in einem so hohen Grade der Fall ist, wie man ohne Mühe begreift, wenn sie aus dem Saugerohr kommt, weil sie alsdann nicht so unmittelbar auf die Kolben wirkt. Dasselbe findet statt, wenn die Luft durch die Röhre angesaugt wird, die den Dampf von den Büchsen zum Condensator führt.

In allen Fällen wird man stets den Punct finden, an welchem die Luft eindringt, indem man die Flamme einer Lampe längs der Verkittungen und der Röhren, wo man eine Spalte findet, hinführt, bis daß sie durch den in diese Oeffnung eindringenden Luftstrom stark angezogen wird. Wenn dieses Mittel nicht hinreicht, so kann man auch die Kurbel an ihren obersten und an ihren untersten Standpunct bringen und das Schwungrad durch eine sehr feste Unterstützung aufhalten und Dampf in den Cylinder einströmen lassen. Der Dampf würde sehr bald alle leeren Räume der Maschine füllen und durch die Oeffnungen ausströmen, welche der Luft einen Durchgang gestatten. Es muß jedoch diese Operation mit Vorsicht ausgeführt werden, weil, wenn die Unterstützung, die das Schwungrad hält und die ganze Belastung der Maschine trägt, zerbräche, oder in Unordnung geriethe, dadurch sehr bedeutende Unfälle herbeigeführt werden können.

Gefahren, welche aus der von der Maschine gefangenen Luft entstehen. Die Röhren, welche am Meisten den Undichtigkeiten unterworfen, sind diejenigen, welche die Verbindung zwischen den beiden Büchsen herstellt, sowie auch die, welche den Dampf zu dem Condensator führt, indem es sehr schwer hält, sie gehörig zu verkitten. Die Stopfbüchsen der Cylinder und der Ventile lassen

ebenfalls viel Luft eindringen; man muß daher häufig die Schrauben an demselben nachziehen, häufig die Liderungen verbessern oder auswechseln, sowie auch oft die Verkittungen untersuchen.

Die Besitzer von Dampfmaschinen müssen stets den Grundsatz festhalten, daß die Luft ein wahres Gift für die Dampfmaschinen ist, und daß der Gang des Condensators mit der größten Aufmerksamkeit beachtet werden muß. Dieser Gegenstand ist so wichtig, daß wir Fälle kennen, in denen bei gehöriger Berücksichtigung desselben der Brennmaterialverbrauch um $\frac{1}{4}$ vermindert wurde. Die Luftmenge, welche das Brunnenwasser durch seine Erwärmung gibt, und deren Eindringen man nicht vermeiden kann, beträgt bei jedem Kolbenzuge nicht mehr als $\frac{1}{10}$ Liter (etwa 10 Cubikzoll), und es ist diese Luftmenge kaum bemerkbar, wenn die Condensatorpumpe keine andere ansaugt.

Messung der Luftverdünnung in dem Condensator. Diese Messung wird durch ein Barometer bewirkt, welches mit einem Hahne versehen ist; denn da in den ersten Momenten des Ganges einer Maschine, die man von Luft reinigt, die Veränderungen des Druckes sehr bedeutend sind, so könnte das Quecksilber herausgeworfen werden. Mit einem solchen Barometer findet man, daß bei einer wohl unterhaltenen Maschine die Quecksilbersäule auf 0,054 Meter Höhe erhalten wird, d. h. im Durchschnitt auf $\frac{1}{15}$ Atmosphäre, wenn der Dampf mit 4 bis 5 Atmosphären arbeitet. Als erste Bedingung muß festgestellt werden, daß der Condensator in einem richtigen Verhältniß stehe, und daß die den Dampf dahinleitenden Röhren einen weiten Durchmesser haben, damit die Geschwindigkeit des Dampfes nicht vermindert werde.

Die Anwendung dieses Instrumentes bei dem Condensator ist ein vortreffliches Mittel zur Untersuchung des guten Ganges einer Maschine; er gibt bei jedem Kolbenzuge die Art der Wirkung und der Condensation des Dampfes an.

Nicht zurückfallende Klappe. Zuweilen geschieht es, daß eine Maschine plötzlich stillsteht, weil die Condensatorklappe p, nachdem sie in die Höhe gegangen ist, nicht wieder niederfällt, indem sie durch die in ihrem Halse q angehäufte Schmiere zurückgehalten wird; alsdann treten das Wasser und selbst die Luft bei jedem Kolbenzuge in den Condensator zurück, und die Maschine steht alsdann still. Man muß die Klappe jedesmal, wenn sie sich hebt, mit Hülfe eines Stockes zurückfallen lassen und den Gang davon einige Augenblicke verfolgen, bis daß die Schmiere durch die Reibung der Klappe gänzlich hinweggenommen worden ist. Man erleichtert dies, indem man den Condensatorhahn möglichst öffnet, um viel Wasser zu geben und kalt zu condensiren, oder indem man die Maschine einen Augenblick anhält und die um den Hals angehäufte Schmiere hinwegschafft. Dieser Unfall kann, wenn man nicht Acht hat und die Klappe einmal mit Schmiere verunreinigt ist, 10 bis 12 Mal in einem Tage passiren. Die horizontalen Condensatoren, welche zuweilen bei den horizontalen Maschinen angewendet werden, zeigen diese Unordnungen häufig; jedoch müssen diese Condensatoren verbannt werden, selbst in dem letztern Falle.

Von der zur Condensation erforderlichen Wassermenge. Es entsteht jetzt die Frage, welches die für eine Maschine von gegebener Kraft erforderliche Wassermenge sei.

Die Praxis erfordert bei einer Maschine von dem Woolf'schen System, die in gutem Zustande

befindlich ist, 10 Kilogrammen, oder 10 Liter Wasser in 1 Minute und auf die Pferdekraft, oder 600 Liter in der Stunde, welches fast einem Verbrauch von 15 Kilogr. Dampf, oder von 3 Kilogr. Steinkohlen in der Stunde entspricht. Für eine Maschine von 10 Pferdekräften wären daher in der Minute 100 Kilogr. oder 1 Hectoliter, d. h., etwa $3\frac{1}{2}$ engl. Cubikfuß Wasser erforderlich. Diese Wassermenge ist zwar etwas bedeutend, allein es ist besser, zuviel, als zu wenig zu haben, indem alsdann die Condensation bei einer geringern Temperatur bewirkt werden kann, welches stets vortheilhaft ist, obgleich eine bedeutendere Wassermenge gehoben werden muß. Uebrigens muß man nie bei einer höheren Temperatur als 40° C. condensiren, oder es müßte denn durchaus unmöglich sein, sich Wasser zu verschaffen.

Bei den Niederdruck-Maschinen muß man auf einen Verbrauch von 17 bis 18 Kilogrammen oder etwa $\frac{2}{3}$ Cubikfuß Wasser in der Minute rechnen, die 5 Kilogr. Steinkohle in der Stunde und auf die Pferdekraft enspréchen.

Von den Niederschlägen, welche den Condensator verstopfen. Ein Nachtheil, welchem die Maschinen unterworfen sind, die schon Jahre lang gehen und mit Wasser gespeis't werden, welches viel Materien absetzt, oder diejenigen, bei denen man sehr viel Talg verschwendet, um die Kolben zu schmieren, ist die gänzliche Verstopfung des in m m, zwischen der Pumpenröhre i i des Condensators und seinem Mantel m, vorhandenen Raums. Der Dampf und das Wasser treten nur langsam ein, die Condensation erfolgt schlecht, und die Maschine verliert alsdann alle ihre Kraft, so daß sie kaum leer zu gehen vermag. Man erkennt diesen mangelhaften Zustand, wenn man ein Licht bis zu dem Boden der Luftpumpe führt, und indem man durch die Schrau-

benlöcher r sieht, welche den Deckel s auf der Luftpumpe befestigen, und die man zu dem Ende abschrauben muß. Zuweilen kann man diese Verunreinigung, welche zum großen Theil aus Talg besteht, welches durch den Dampf verändert worden ist, und an den Condensatorwänden festhängt, beseitigen, indem man sich eines Meißels bedient, der an das Ende einer runden Eisenstange angeschweißt ist, und den man durch die Schraubenlöcher des Deckels führt und so die Unreinigkeiten ablös't. Sie fallen darauf zu Boden, und man nimmt sie sorgfältig hinweg. Wenn endlich der Boden oder die Condensatorröhren auch mit Talg verstopft sind, dessen Fortschaffung einige Mühe verursachte, so könnte man dies mit Hülfe einer heißen Sodalauge von 80 Grad bewirken, die man einige Zeit in dem Condensator stehen läßt, den man alsdann auswäscht.

Condensations-Apparat von S. Hall. Die Nachtheile, welche an sehr vielen Orten die Speisung der Kessel mit Wasser verursacht, welches viele erdige Substanzen enthält, und hauptsächlich die Speisung der Dampfschiff-Kessel, hat Veranlassung zu der Erfindung eines Verfahrens gegeben, welches die Condensation des Dampfes mit einer bei Weitem geringern Wassermenge gestattet.

Unter den vorgeschlagenen Apparaten scheint der Hall'sche der zweckmäßigste zu sein. Bei demselben strömt der zu condensirende Dampf in einen aus 6 Röhren bestehenden Apparat von 12 Millimetern Durchmesser und 1 Meter Länge, die von kaltem Wasser umgeben sind, das mit Hülfe einer Pumpe dahin gelangt.

Das condensirte, destillirte Wasser wird wiederum in den Kessel zurückgeführt, und die Luftleere soll in diesem Condensator weit besser bewirkt werden, weil das in den Kessel zurückgelangende Wasser

keine Luft enthält. Es ist dieser Apparat, wie schon bemerkt, bei mehreren Maschinen, besonders am Bord von Dampfschiffen, mit gutem Erfolge angewendet worden.

Ununterbrochene Abkühlung des Condensationswassers. Es ist häufig der Fall, daß Condensations-Maschinen an Orten aufgestellt sind, wo das Wasser selten ist, wenigstens im Sommer. Das zur Condensation erforderliche Wasser fehlt oder ist in zu geringer Menge vorhanden, und der Condensator wird dann sehr häufig heiß.

Unter ähnlichen Umständen läßt man das aus dem Condensator ausströmende heiße Wasser in weiten und flachen Canälen, an der Erdoberfläche, circuliren, bis daß es, zum Theil durch die Berührung der Luft und zum Theil durch die Einwirkung der Verdunstung auf seine Oberfläche, vollständig abgekühlt ist, und alsdann wendet man es von Neuem zur Condensation an. Dieses Verfahren ist zweckmäßiger, als die Abkühlung in mehreren aufeinanderfolgenden großen Becken, indem sie in diesen schlecht vor sich geht.

Soll aber dieses Verfahren gehörig vor sich gehen, so muß man stets $\frac{1}{4}$ von dem Condensationswasser täglich erneuern können, um die Verluste wieder auszugleichen, welche durch Eindringen des Wassers in die Erde und durch die Verdunstung veranlaßt werden, die um so bedeutender sind, je größer die Oberfläche, welche das Wasser hat, und je höher seine Temperatur ist.

Kaltwasser-Pumpen.

Wir haben, indem wir von dem Condensator redeten, angegeben, unter welchen Umständen man ohne Nachtheile die Kaltwasser-Pumpen ganz weg-

lassen und das Wasser direct durch die Condensator-Pumpe ansaugen könne. Wir sahen, daß man diese Methode nicht annehmen könne, sobald der Wasserspiegel im Brunnen tiefer als 15 Fuß liege, und daß man darüber hinaus eine Saug- und Druckpumpe in den Brunnen legen und das Wasser heben müsse.

Wenn wir (im 2. Bande) von der Aufstellung der Dampfmaschinen reden, so werden wir einige nähere Bemerkungen über die Vorsichtsmaßregeln machen, welche bei der Anlage der Brunnen zu nehmen sind; wir werden über die vorläufigen Bohrungen und über die Versuche reden, die man vor der Aufstellung einer Dampfmaschine machen muß, um sich von dem Vorhandensein einir hinreichenden Wassermenge zur Speisung der Maschine zu überzeugen, damit es nicht an diesem nothwendigen Erforderniß fehle, wenn die Maschine erst im Betrieb ist. Man wird dort auch einige Bemerkungen über die Einrichtung der Brunnen und über die Bedingungen finden, denen sie genügen müssen.

Hier reden wir hauptsächlich von den Pumpen, welche das Wasser zur Speisung der Maschine liefern sollen.

Von der Wassermenge, welche die Pumpen liefern können. Die Pumpen bestehen aus Gußeisen oder aus Rothguß; Folgendes sind die erforderlichen Data, um zu untersuchen, ob sie zur Bedienung einer Maschine hinreichen, oder um sie nach dem Bedürfniß einrichten zu können. Diese Data werden auch den Maschinen-Besitzern nicht unnütz sein, indem dieselben gar nicht selten genöthigt sind, Kaltwasser-Pumpen bei ihren Maschinen anzubringen, indem sich der Condensator zu häufig erhitzt, oder weil die zu schwachen Pumpen ausgewechselt werden müssen.

Wir haben bemerkt, daß eine Woolf'sche Maschine ungefähr 10 Kilogr. Wasser auf die Pferdekraft und in 1 Minute erfordere, und eine Watt'sche Maschine 17 bis 18 Kilogr. Die Kaltwasser-Pumpe muß aber fortwährend mehr Wasser liefern können, als die Maschine verbraucht; alsdann bringt man an dem Wasserkasten eine Oeffnung an, welche das überflüssige Wasser in den Brunnen zurückführt, oder es dahin schafft, wo es sonst benutzt werden kann.

Verhältniß der Pumpen. Wir wollen annehmen, daß für eine Maschine von 10 Pferdekräften die Pumpe 110 Kilogr. oder 110 Liter (ohngefähr 4 Cubikfuß) in der Minute liefern müsse. Man muß zu dieser Menge noch $\frac{1}{4}$ hinzuthun, weil die besteingerichteten Pumpen niemals die Wassermenge geben, die man durch die Berechnung ihrer Dimensionen erhält; wir haben durch die Erfahrung gefunden, daß diese Differenz der Leistung bei raschgehenden Pumpen 15—20 Procent betrage. Man muß daher die Berechnung, statt auf 110, auf etwa 135 Liter anstellen, und da die Maschine 27 Kolbenzüge in 1 Minute macht, so müßte die Pumpe bei einem Zuge 5 Kilogr. Wasser liefern.

Der Lauf des Pumpenkolbens wird durch den Lauf des Zapfens von dem Balancier, an welchem jener hängt, bestimmt. Er beträgt bei den Maschinen von 10 Pferdekräften etwa 0,25 Meter. Theilt man 5 Kilogrammen oder 0,050 Cubikmeter durch 0,25 Meter, so findet man die Oberfläche des Kolbens = 0,02 Quadratmeter, oder 2 Quadratdecimeter, welches einem Durchmesser von 0,15 Meter entspricht.

Wenn man annimmt, daß die Maschine von 10 Pferdekräften 28 Umdrehungen in der Minute macht, so wird der Kolben etwas kleiner sein müs-

sen, und da wir die erforderliche Wassermenge sehr reichlich gerechnet haben, so kann man ohne Nachtheile auf 28 Kolbenzüge rechnen, welches der schnellste Gang einer Maschine von 10 Pferdekräften ist.

Einrichtung der Druckpumpe. Die zweckmäßigste Pumpe ist die mit massivem Bronzekolben. Fig. 17, Taf. VI, zeigt die Abbildung einer solchen Pumpe, und man findet deren Beschreibung bei der Erklärung der Tafeln am Schlusse des 2. Bandes. Sie ist ganz und gar den Druckpumpen ähnlich, welche zur Speisung der Kessel bei den Mittel- und Hochdruckmaschinen angewendet werden.

Die Hauptvortheile, welche sie für eine Maschine darbietet, bestehen darin, daß sie nur selten in Unordnung geräth, da sie sowohl in Beziehung auf den Kolben, als auch auf die Ventile, sehr einfach ist und sehr leicht gereinigt und reparirt werden kann. Der Kolben a kann nie einen Unfall haben; die Ventile d c nutzen sich, wenn sie gehörig eingeschmirgelt und unten obendrein noch mit Leder versehen sind, nie ab und sind vollkommen wasserdicht. Wird es nöthig, den Ventilkasten der Pumpe m zu öffnen, um eine Reinigung der Ventile vorzunehmen, so geschieht dies ohne alle Mühe, indem man die Platte m wegnimmt, welche den Kasten von Vorn verschließt. Zuweilen bringt man die Druckröhre f unmittelbar über dem Ventilkasten an; alsdann muß man aber dieselbe wegnehmen, wenn man den Kasten öffnen will, welches einen Zeitverlust veranlaßt.

Abnutzung der Ventile. Die Ventile bestehen aus Bronze, sind vollkommen abgeschmirgelt und schlagen auf einen gußeisernen Sitz, der mit dem Metallhobel und durch Abschmirgeln ganz gerade gerichtet ist. Sie sind mit Leitungen versehen, welche ihnen eine ganz freie Bewegung in den erforderli-

chen Grenzen gestatten; sie fallen senkrecht auf ihre Sitze nieder und nutzen sich ganz gleichmäßig ab. — Herr Grouvelle hat die Erfahrung gemacht, daß sie 10 und noch mehrere Jahre gebraucht werden können, ohne Reparaturen zu bedürfen, welches aber nicht der Fall ist, wenn sie mit einer Liderung von Leder oder Blei versehen sind. Wenn sie sich durch schlechte Einrichtung der Leitungen ungleich abnutzten, so würde die durch die Pumpe gelieferte Wassermenge sich vermindern, und zuweilen würde sie ganz und gar versagen. Jedoch würde man diese Abnutzung gewöhnlich erkennen, sobald man die Maschine in Betrieb setzt, indem alsdann die Kaltwasserpumpe 8 bis 10 Kolbenhübe machen würde, ehe sie Wasser gibt. Zuweilen ist man in ähnlichen Fällen sogar genöthigt, sie mit einem oder mit zwei Eimern voll Wasser anzureizen, die man auf den Kolben oder in die Druckröhre f gießt, um das obere Ventil b zu bedecken. Wirklich, wenn der Ventilkasten kein Wasser enthält, so füllt Luft, die weit leichter, als das Wasser, durch die abgenutzten Ventile strömt, die Pumpenröhre bei jedem Kolbenzuge, es entsteht keine Luftverdünnung mehr, und die Pumpe kann nicht mehr arbeiten. Es ist gewöhnlich nur eine kleine Wassermenge erforderlich, um die Pumpe in Stand zu setzen, und wenn sie einmal im Gange ist, so geht sie ohne Unterbrechung weiter fort. Eine zu lange vernachlässigte Abnutzung der Ventile, ein Mangel an ihren Sitzen, eine Oeffnung in der Verkittung, oder das plötzliche Zerreißen eines Leders können allein den Betrieb der Pumpe gänzlich unterbrechen.

Die Abnutzung der Ventile und der Sitze läßt sich durch Abfeilen und Abschmirgeln wieder herstellen, und es muß dies so lange fortgesetzt werden, bis daß sie wasser- und luftdicht sind; gut abgerich-

tete und abgeschmirgelte Ventile bedürfen gar keiner Lederliderung. Wenn der Ventilkasten aus Gußeisen besteht, so ist es besser, die Ventile aus Bronze zu machen und sie nie mit Leder zu lidern. Die Verkittungen lassen sich, selbst während des Betriebes der Maschine, dadurch repariren, daß man Werg mittelst eines Meißels sehr stark in die Ritzen und sonstigen Undichtigkeiten eintreibt.

Stopfbüchse des Kolbens. Zuweilen läuft der Kolben in zwei einander entgegenstehenden Lederstulpen, von denen der erste das Einströmen der Luft und der zweite das Ausströmen des Wassers verhindert, wie es bei den hydraulischen Pressen der Fall ist.

Die beste Einrichtung jedoch ist eine einfache Stopfbüchse, mit einem starken Lederkranz auf dem Boden. Man macht die Liderung mit guten, stark mit Talg eingeschmierten Hanfgeflechten, womit man die Büchse gefüllt erhält, und die Pumpe erfordert alsdann gar keine Beaufsichtigung, um gut und lange im Betriebe zu sein.

Höhe, in welcher man die Pumpe im Schacht anbringen muß. Die Stellung der Pumpe in dem Schachte oder Brunnen ist ein Gegenstand von Wichtigkeit. Soviel, als möglich, müssen Maschine und Schacht nahe liegen, um die Pumpe im letztern anbringen zu können. Es gewährt dies zweierlei Vortheile: der erste besteht darin, daß die Saugeröhren oder die Bewegungsmittheilungen kürzer sind, als wenn der Brunnen entfernt von der Maschine liegt, und daß folglich der Kraftverlust weit geringer ist. Der zweite Vortheil besteht darin, daß man die Pumpe etwas unter der Hälfte der Höhe, aus welcher man das Wasser heben will, anbringen kann, vorausgesetzt, daß diese Höhe höchstens 20 und ei-

nige Fuß beträgt, weil darüber die Ansaugung des Wassers nicht so gut erfolgt und die Leistung der Pumpe geringer ist.

Wirklich hat man durch die Erfahrung gefunden, daß dies das vortheilhafteste Verhältniß zwischen der Saug- und der Druckröhre ist, und daß in dieser Stellung die Pumpe die größte Leistung hat.

Aufstellung der Pumpe. Man wird demnach die Pumpe stets etwas unter der Hälfte der Entfernung zwischen dem constanten Wasserspiegel im Brunnen und der Höhe, bis zu welcher das Wasser gehoben werden soll, anbringen. Dieser bleibende Wasserstand ist die Höhe, auf welcher sich das Wasser bei dem gewöhnlichen Betriebe der Pumpe hält. Wenn der Brunnen unter der Maschine liegt, so wird die Pumpe auf einen Querbalken geschraubt, der aus etwa 5 Zoll im Quadrat starkem Eichenholze besteht und in die Wände des Brunnens eingelassen ist, wobei man noch dahin zu sehen hat, daß die Schraubenbolzen mehr durch die Mitte der Balken gehen, damit das Holz seine ganze Stärke behalte. Zuweilen wird es viel leichter sein, die Pumpe außerhalb des Brunnens auf den Balken festzuschrauben und das Ganze hineinzuhängen, und die Balken alsdann in den Wänden zu befestigen. Die Pumpe muß genau senkrecht stehen, und die durch ihren Mittelpunct gehende Bleilothlinie muß, wie wir es für den Dampfcylinder und für die Kurbel bemerkt haben, den von ihrem Laufe beschriebenen Kreisbogen, durch den Zapfen, welcher ihre Kolbenstange hält, in zwei gleiche Theile theilen, um die Abweichung, welche dieser Kreisbogen von der Senkrechten gibt, ebenfalls zu theilen, so daß sie um so weniger bemerkbar wird, wozu schon die große Länge der Stange das Ihrige thut. Wir kommen in dem Abschnitte von der Aufstellung

der Maschinen im 2. Bande des Werkes auf diesen Gegenstand zurück.

Der Mittelpunct von der Pumpe muß sich zu gleicher Zeit im Lothe mit der Stopfbüchse des Kolbens befinden, damit die Liderung keine ungleiche Abnutzung erleide. Wir müssen es hier wiederholen, daß man sie von den Mauern des Brunnens entfernt aufstellen muß, um sie ohne Hindernisse auseinandernehmen und wieder zusammenstellen zu können. Diese Vorsichtsmaßregel, auf welche bei'm Aufstellen der Maschine häufig nicht gehörig geachtet wird, ist von Wichtigkeit, indem kleine Zeitverluste, sowie unaufhörlich wiederholte kleine Schwierigkeiten oft sehr ernstlich werden und man daher ihre Vermeidung möglichst berücksichtigen muß; eine Arbeit, die nur eine Viertelstunde erforderte, dauert 1 bis 2 Stunden, und die Maschine leidet. So muß man, z. B., wenn die Pumpe zu nahe an den Mauern angebracht worden ist, die Schraubenbolzen mit dem Spitzmeißel heraushauen, während man sie bei gehörigem Platz mit dem Schlüssel leicht losmachen könnte und sie nicht zu beschädigen brauchte.

Diese Beobachtung, welche auf den ersten Blick geringfügig erscheint, findet bei der Aufstellung der Maschine eine häufige Anwendung. Besonders ist es für den Maschinenbauer sehr wichtig, die Unfälle vorherzusehen, welche einen jeden Maschinentheil betreffen können, und daher ist ein leichtes und schnelles Auseinandernehmen wohl zu berücksichtigen.

Ursachen, welche die Leistungen der Pumpen vermindern. Wir haben schon bemerkt, daß die besten Pumpen und diejenigen, welche die günstigsten Bedingungen vereinigen, nicht genau die Wassermenge geben, welche sie ihrem Durchmesser, ihrem Hube und ihrer Geschwindigkeit nach, geben

müssen. Dieser Unterschied der practischen Resultate gegen die Resultate der Berechnung ist oft sehr groß, selbst bei sehr gut eingerichteten Pumpen; sie erhebt sich, wie schon bemerkt, auf $\frac{1}{5}$, so daß eine Pumpe, welche auf eine Leistung von 1600 Liter Wasser in der Stunde, z. B., berechnet ist, nur etwa 1300 gibt.

Es treffen mehrere Ursachen zusammen, um diesen Verlust in den meisten Pumpen zu vermehren; es ist zweckmäßig, dieselben kennen zu lernen.

Geschwindigkeit, die man ihnen geben muß. Oft gibt man ihnen eine zu große Geschwindigkeit. Bei mehr als 15 oder 16 Kolbenzügen in der Minute, mit einem Hube von etwa 0,40 Meter (16 Zoll), oder mit andern Worten, über eine Geschwindigkeit von 0,15 bis 0,20 Meter (6—8 Zoll) in der Secunde, vermindert sich die Leistung der Pumpen, und statt ein größeres Product zu geben, verbrauchen sie mehr Kraft. Man wird diese Wirkung leicht begreifen, wenn man die große Vermehrung der Reibung und der Zusammenziehung des Wassers, sobald dasselbe eine größere Geschwindigkeit annimmt, berücksichtigt.

Durchmesser der Sauge- und der Druckröhren. Es gibt noch eine andere Ursache, durch welche diese nachtheiligen Wirkungen vermehrt werden, nämlich der zu geringe Durchmesser der Sauge- und der Druckröhren, sowie auch die Zusammenziehung, welche das Wasser bei'm Hindurchströmen durch den Kolben, oder durch die engen Ventile der meisten Pumpen erleidet. Es hat durchaus nichts Nachtheiliges, die Saugröhren weit zu machen; es ist sogar nothwendig, ihnen denselben Durchmesser zu geben, als den Ventilen, damit die Geschwindigkeit und die Richtung des Wassers durch diese Verengung nicht verändert werden. Die der Pumpe, von der

wir hier reden, hat 0,08 Meter (3 Zoll) Durchmesser, und diese Weite ist die zweckmäßigste für die Wassermenge, welche sie zu liefern hat. Jedoch ist es noch weit wichtiger, der Druckröhre, und welches stets vernachlässigt wird, einen gleichen Durchmesser zu geben, als dem Ventil und der Saugröhre. In engen Röhren wird das Wasser nur mit Schwierigkeit in die Höhe gedrückt und der Kolben muß einen viel bedeutendern Widerstand überwinden.

Die Druckröhre läuft oben sehr zweckmäßig in eine senkrechte Röhre aus, die nur mit einer beweglichen Kugel verschlossen ist. Diese Röhre erhebt sich 1,30 Meter über den Punct, an welchem das Wasser ausgegossen wird; sie dient dazu, um einen Augenblick das Wasser aufzunehmen, welches während des Druckes von dem Kolben nicht Zeit hat, abzufließen, und auch, um es nach Bedürfniß auf eine bedeutendere Höhe zu erheben, wenn es gänzlich oder theilweise zu irgend einem Nutzen ablaufen soll. Man würde wirklich dahin gelangen, wenn man eine zweite Abflußröhre über dem eigentlichen Ausguß anbrächte, den man alsdann um eine bestimmte Größe mit einem hölzernen Pfropf verschließt.

Man darf niemals vergessen, unten an der Saugröhre eine mit Sieblöchern versehene Kugel anzubringen, damit von der Pumpe weder Sand noch Unreinigkeiten angesogen werden können.

Reinigung des Maschinen-Brunnens. Wir müssen noch bemerken, daß der Brunnen oben mit einem festen und dichten Deckel verschlossen werden muß, wenn er unmittelbar unter der Dampfmaschine angebracht ist, damit keine kleinern Maschinentheile, wie Bolzen, Scheiben, Futter, Schlüssel rc., hineinfallen können. Außerdem müssen die Brunnen von Zeit zu Zeit gereinigt werden, besonders, wenn sich

ihre Wassermenge vermindert. Zuweilen ist eine einfache Reinigung, welche in trocknen Jahreszeiten und bei einer möglichst großen Geschwindigkeit der Pumpe vorgenommen werden muß, um einen möglichst niedrigen Wasserstand zu erhalten, hinreichend, um die Wassermenge in einem Brunnen bedeutend zu verstärken. Uebrigens gibt es viele Brunnen, welche durch den Gebrauch besser werden und nach einem oder zwei Jahren des Betriebes besseres Wasser geben, als anfänglich. Man kennt Fälle genug, daß Etablissements anfänglich Wassermangel hatten, die später hinreichend damit versehen waren. Jedoch darf man, wenn man eine Maschine auf solchen Brunnen mit wenigem Wasser aufstellen will, nie auf diese zweifelhafte Verbesserung sicher rechnen.

Von dem Moderator.

Practische Methode, um ihn zu reguliren. Es kann hier nicht unser Zweck sein, die verschiedenen Centrifugal-Moderatoren beschreiben zu wollen, mit denen die Dampfmaschinen regulirt werden, indem wir in dem von dem Bau derselben handelnden Abschnitt darauf zurückkommen. Es gibt wohl keinen Heizer oder Wärter, der nicht wüßte, daß, wenn die Maschine eine größere Geschwindigkeit, als die gewöhnliche, annimmt, die Kugeln des Moderators sich voneinander entfernen und eine Hülse bewegen, die auf ihrer Rotationsaxe verschiebbar ist. Diese Hülse verschließt mittelst zusammengesetzter Hebel den Admissionshahn, und es geht folglich die Maschine langsamer. Bleibt dagegen der Gang der Maschine gegen den gewöhnlichen zurück, so nähern sich die Kugeln einander, die Hülse wird nach der entgegengesetzten Richtung verschoben, öffnet den Admissionshahn, läßt in den Cylinder eine größere

Dampfmenge einströmen und steigert folglich die Geschwindigkeit der Maschine.

Soll ein Moderator zweckmäßig wirken, so muß er offenbar einen solchen Gang haben, daß, wenn die Maschine mit ihrer gewöhnlichen Geschwindigkeit arbeitet, die Kugeln zur Hälfte geöffnet sind. Geht alsdann die Maschine zu langsam, so können sich die Kugeln einander nähern und den Hahn öffnen. Erlangt dagegen die Maschine eine zu große Geschwindigkeit, so können sich die Kugeln voneinander entfernen und den Admissionshahn schließen.

Mittlere Geschwindigkeit des Moderators. Um einen Moderator aufzustellen und zu reguliren, ist es daher zweckmäßig, ihm eine mittlere Geschwindigkeit zu geben, welche die Arme erst bei der Hälfte des Laufes öffnet. Wenn aber der Moderator durch Räderwerk bewegt wird, so ist seine Geschwindigkeit von dem Maschinenbauer bestimmt worden und kann nur durch Wechsel der Räder verändert werden; erfolgt aber die Bewegung durch Rollen und Laufriemen, so ist es leicht, durch Veränderung des Durchmessers der Scheiben, die Geschwindigkeit zu modificiren. Jeder Maschinenbauer weiß im Voraus, welches die regelmäßige Geschwindigkeit der Moderatoren ist, die er anbringen will, weil er die Dimensionen für eine gewisse Geschwindigkeit berechnet hat. So sind, z. B., 40 Umgänge in der Minute eine gewöhnliche Geschwindigkeit.

Kennt man sie aber nicht im Voraus, so besteht ein sicheres Mittel der Regulirung des Moderators darin, ihn durch irgend ein Mittel, z. B. durch einen Laufriemen und durch eine Kurbel rc. zu drehen, und seine Geschwindigkeit bei halber Oeffnung der Kugeln zu zählen.

Berechnung der Scheiben. Man berechnet alsdann den Durchmesser der Scheiben, die zur Be-

wegung des Moderators dienen, um denselben die durch die Erfahrung gefundene mittlere Geschwindigkeit zu ertheilen. Es dürfte ganz zweckmäßig sein, hier ein Beispiel von diesem sehr einfachen Calcul mitzutheilen.

Wir wollen annehmen, daß die Schwungradswelle, von der die Bewegung ausgeht, 25 Umgänge in der Minute mache, wie dies, z. B., bei einer Maschine von 16 Pferdekräften der Fall ist, und daß man ihr eine Geschwindigkeit von 40 Umgängen geben müsse. Da die auf der Schwungradswelle sitzende Scheibe einen Durchmesser von 0,38 Meter hat, so stellt man folgendes Verhältniß auf, welches ein verkehrtes ist, da die Geschwindigkeit um so größer, je kleiner die Scheibe ist.

Die große Geschwindigkeit von 40 Umgängen verhält sich zu der kleinen Geschwindigkeit von 25 Umgängen, wie der große Durchmesser von 0,38 Meter zu dem kleinen x.

$$40 : 25 = 0{,}38 \text{ M.} : \frac{25 \times 0{,}38}{40} = 0{,}24 \text{ M.}$$

Man multiplicirt 25 mit 0,38 Meter und dividirt das Product durch 40; der Quotient ist der Durchmesser von der Moderatorscheibe, wodurch sie 40 Umgänge erhält; es beträgt dieser Durchmesser 0,24 Meter. Die Verhältnisse aller Scheiben und Räder werden auf dieselbe Weise berechnet.

Grenzen, innerhalb welcher der Moderator die Geschwindigkeit der Motoren regulirt. Der Centrifugalmoderator Watt's ist ein sicheres Mittel, den Dampfmaschinen eine constante Geschwindigkeit zu ertheilen, ohnerachtet der großen Verschiedenheiten und der Belastung der Maschine, wie dies in den Werkstätten und Fabriken der

Fall ist, in denen man sehr verschiedenartige Werkzeuge und Arbeitsmaschinen, die man in jedem Augenblick ausrückt und wieder einrückt, durch jene Triebkraft in Bewegung setzt. Es würde dadurch die Belastung der Maschine und folglich auch ihre Geschwindigkeit verändert werden, wenn sie der Moderator nicht regulirte. Man wird jedoch leicht einsehen, daß der Lauf dieses Moderators nur eine geringe Ausdehnung hat, so daß, wenn die Veränderungen in der Belastung und in dem Dampfdrucke sehr bedeutend sind, der Moderator eine so große oder so geringe Geschwindigkeit annimmt, daß seine Kugeln bis an's Ende ihres Laufes auseinander gehen, oder gänzlich zurückfallen, und daß folglich der Moderator an diesen beiden Puncten gar nicht mehr wirkt. Der Maschinenwärter muß alsdann den Admissionshahn selbst stellen, um die regelmäßige Geschwindigkeit der Maschine wiederherzustellen, damit der Moderator seine mittlere Geschwindigkeit und folglich seine Wirksamkeit wiedererlange.

Es folgt daraus, daß der Moderator nur zur Regulirung mäßiger Geschwindigkeits-Veränderungen angewendet werden kann. Er gibt sehr gute Resultate, in den Baumwollen-, Flachs- und Wollenspinnereien z. B., indem man in denselben keine schönen Producte erlangen kann, wenn die Bewegung nicht vollkommen regelmäßig ist.

Moderatoren von Molinié. Herr Molinié hat einen Moderator nach einem ganz verschiedenen Principe construirt. Er besteht aus einem biegsamen ledernen Behälter, in welchen zwei Blasebälge, die durch die Dampfmaschine oder durch ein Wasserrad bewegt werden, eine größere oder geringere Luftmenge gelangen lassen, je nachdem die Geschwindigkeit dieser Motoren größer oder geringer ist.

Eine oder mehrere Oeffnungen reguliren das Ausströmen dieser Luft nach Außerhalb mit großer Genauigkeit, so daß die Fläche, welche den obern Theil oder den Deckel des biegsamen Behälters bildet, je nach der Einströmungsgeschwindigkeit steigt oder sinkt.

Dieser Deckel bewegt, wie die Hülse des Kugelmoderators, den Admissionshahn der Dampfmaschine, oder den Schütz der Wasserräder, um die Dampf- oder Wassermenge zu vermehren oder zu vermindern, und die Triebmaschinen wiederum auf ihre Normalgeschwindigkeit zurückzuführen. Man hat diesen Apparat in vielen Fabriken oder Hütten angewendet. Die Herren Combes und Salignier haben viele Versuche damit angestellt und haben die große Wirksamkeit des Apparats zur Regulirung der Geschwindigkeit bestätigt.

Dennoch wird der Apparat jetzt nur noch bei den Wasserrädern mit gekrümmten Blechschaufeln nach dem Systeme des Herrn Molinié angewendet; denn bei den Dampfmaschinen braucht man ausschließlich den Watt'schen Kugelmoderator, der, wenn er sorgfältig und nach guten Principien angefertigt und regulirt worden ist, die besten Resultate gibt.

Dritter Abschnitt.

Von dem Baue der wichtigsten einzelnen Theile der Dampfmaschinen und von deren bester Construction.

Seit etwa dreißig Jahren hat sich der Dampfmaschinenbau auch in Deutschland zu entwickeln angefangen, und jetzt gehört er zu einem der wichtigsten Zweige des Maschinenbauwesens und der Gewerbe überhaupt.

Man hat während dieses Zeitraums sehr große Fortschritte, sowohl in dem Baue der Dampfmaschinen, als auch in den Vorrichtungen zur Dampfersparung, gemacht. Es entstanden nach und nach die Paralleldrehbänke, die Hebel- oder Feilmaschinen, die Schraubenschneidmaschinen, die verticalen Bohrmaschinen ꝛc. Mit der Einrichtung der Dampfmaschinen gingen wesentliche Veränderungen vor. Bei Maschinen unter 25 Pferdekräften verschwand nach und nach der Balancier, und es kamen die Maschinen mit zwei Lenkstangen, mit horizontalem und schwingendem Cylinder ꝛc. auf, welche erst ohne und dann mit Expansion betrieben wurden.

Obgleich diese verschiedenen Fortschritte jeder für sich von verschiedenen Maschinenbauern gemacht wurden, so entstanden daraus doch sehr bald allgemeine Grundsätze, und es gibt jetzt wohl kaum eine Maschinenbauanstalt, die nicht ganz vollkommen alle Bedingungen der Ausführung und Einrichtung kennt, denen sie genügen muß, um eine gute Maschine ausführen zu können.

Bei'm Maschinenbaue sind es hauptsächlich zwei Puncte, bei denen große Fortschritte gemacht worden sind, nämlich in der Organisation der Arbeit. Man versteht darunter nämlich die Annahme proportionaler Formen und Dimensionen, die Classificirung der hauptsächlichsten Dimensionen nach gewissen Reihen.

Aus der Annahme proportionaler Formen und Dimensionen folgt:

für die Ingenieure, Befreiung von den Studien des Einzelnen und vorläufige Kenntniß der Räume, welche die Theile bei der Ausführung des Entwurfes einnehmen werden;

für die Arbeiter eine schnelle und genaue Ausführung;

für Alle seltnere Fehler und weit leichtere Verbesserungen derselben.

Aus der Sonderung der hauptsächlichsten Dimensionen in Reihen folgt:

für die Maschinenbauwerkstätten: eine bedeutende Ersparung der Kosten für besondere Werkzeuge und für Modelle; häufigere Benutzung beider; Anfertigung der einzelnen Theile in verdungener Arbeit von verschiedenen Arbeitern, wodurch Wohlfeilheit und schnelle Ausführung der Bestellungen erreicht wird.

Aus bekannten Dimensionen lassen sich Gewicht, Productionskosten und Verkaufspreis der Maschinen ohne alle Schwierigkeit und ohne Schwanken bestimmen. Dies ist aber von höchster Wichtigkeit für die Maschinenbauanstalten, indem sie nur dadurch im Stande sind, mit andern Anstalten zu concurriren und Nachtheil zu vermeiden.

Nach diesen einleitenden Worten wollen wir nun zu der Construction der einzelnen Theile und im fol-

genden Abschnitt zu der der vollständigen Dampfmaschinen übergehen.

Classification der allgemeinen Maschinenstücke.

Aus der Untersuchung der allgemeinen Charactere der Maschinen, welche in dem vorhergehenden Capitel auseinandergesetzt worden ist, resumiren wir:

1) Daß die allgemeinen Maschinenstücke in zwei besondere Classen zerfallen, nämlich: Erste Classe, Verbindungsstücke. — Zweite Classe, Stücke zur Verwandlung der Bewegung.

2) Daß die am Häufigsten angewendeten Stücke zur Verwandlung der Bewegung als zu den folgenden acht Arten angesehen werden können, nämlich: die Stangen, die Leitungen, die Hebel, die Kurbelstange, die Wellen, die excentrischen Scheiben, die Riemenscheiben und Laufriemen, das Räderwerk.

3) Daß die am Häufigsten angewendeten Verbindungsstücke die folgenden sind:

Für platte Theile . . .	die Niete, die Bolzen und Schraubenmuttern,
Für Stangen	die Hülsen oder Kappen, die Stopfbüchsen,
Für Leitungen	verschieden, je nach der Einrichtung.
Für Hebel	die Achsen, die Charniere.
Für Kurbelstangen . . .	die Charniere, die geschlossenen Köpfe.
Für Wellen	die Zapfenlager, die Muffen.

Für Excentrica	verschieden, je nach der Einrichtung.
Für Scheiben	die Achsen.
Für Räderwerke	die Achsen.

Ehe wir in das Studium der Eigenschaften dieser verschiedenen Maschinenstücke eingehen, um daraus die zweckmäßigsten, verhältnißmäßigen Formen und Dimensionen zu bestimmen, wollen wir einige allgemeine Betrachtungen über die platten und runden Theile, welche die Basis der Zerlegung in Reihen der Maschinenstücke sind, anstellen.

Platte Theile der Maschinenstücke.

Die platten Theile der Maschinenstücke sind diejenigen, welche zwischen zwei parallelen und wenig voneinander entfernten Theilen begriffen sind.

Die Verbindung dieser Theile, welche, wenn sie relativ fest sind, entweder mittelst Nieten, oder mittelst Schraubenbolzen bewirkt wird, und die, wenn eins von ihnen beweglich ist, durch Charniere erfolgt, hat nur für den ersten Fall Interesse, d. h. für die Anfertigung der Dampfmaschinenkessel und für die Befestigung besonderer Maschinenstücke. Wir werden weiter unten, wenn wir von der Anfertigung der Kessel reden, sehen, daß es die Beziehungen sind, welche zwischen den Stärken und den Bedeckungen der Blechtafeln, den Durchmessern, Längen und verschiedenen Entfernungen der Niete stattfinden, damit die Verbindung so zweckmäßig, als möglich, sei, sowohl in Beziehung auf den erforderlichen Widerstand, als auch in Beziehung der Ersparung an Arbeitslöhnen, und der leichtern Reparaturen. Hier reden wir nur von platten Theilen gußeiserner Stücke.

Man unterscheidet drei Arten von Verbindungen, wenn die Fugen übereinander liegen und mit Schraubenbolzen versehen sind, und wenn es sich um platte Gußeisenstücke handelt: die Verbindung durch Gußeisenkitt, die Verbindung durch Bleikitt, und die Verbindung durch Aufeinanderpassen.

Die erste Art, welche die schlechteste ist, wurde lange Zeit von den Maschinenbauern, auch selbst bei den wichtigsten Maschinentheilen, wie Dampfcylindern, Luftpumpen 2c., angewendet. Jetzt hat man diese Art der Verbindung bei allen Stücken, welche eine genaue Ausführung erfordern, allgemein aufgegeben; man wendet sie nur bei der Zusammenfügung der Platten an, aus denen die Behälter für kaltes Wasser bestehen, wobei sie auch übrigens vollkommen genügt.

Die zweite Art und Weise, welche übrigens nicht besser ist, als die erste, wird noch von vielen Maschinenbauern angewendet, deren Werkzeuge zum Gelingen der dritten Methode unvollständig und unzulänglich ist. Sie besteht darin, daß in die Fugen dünne Bleiplatten gelegt werden, und daß man sie außerdem mit Bleikitt versieht. Das Blei tritt, wegen seiner Weichheit, bei'm Anziehen der Schrauben in die Porositäten des Gußeisens, und die Fugen werden auf diese Weise undicht.

Die dritte Methode, welche von guten Maschinenbauern jetzt ausschließlich angewendet wird, besteht darin, die gegeneinander oder aufeinander tretenden Maschinentheile im Gusse stärker zu machen, und sie alsdann mittelst der Hobelmaschine, oder auf der Bohrbank, oder auf der Drehbank so zu bearbeiten, daß die Theile ganz genau aufeinander, gegeneinander oder incinander passen. Bei'm Guß der Stücke muß daher hierauf Rücksicht genommen

24 *

und es müssen die gedachten Theile stärker gemacht werden.

Da die Theile einander unmittelbar berühren, so bleiben die relativen Entfernungen derselben constant, werden sie auch noch so fest zusammengeschraubt, und werden die Apparate auch noch so oft auseinandergenommen.

Bei Dampfcylinderdeckeln, sowie überhaupt für alle Stücke, welche einen dichten Verschluß erfordern, werden die Fugen, wiewohl die Theile genau aufeinander passen, dennoch zuweilen mit einem dünnen Bleikitte versehen.

Im Allgemeinen haben die auf- und gegeneinander tretenden Theile dieselbe Stärke, wie die zusammenzufügenden Stücke.

Außer diesen Hülfsmitteln, deren Zurichtung nur die senkrechten Entfernungen von den Ebenen der Fugen bestimmt, wendet man zur genauen Bestimmung der Stellung der Stücke auf diesen Ebenen kleine, etwas conische Cylinder an, die man Stifte oder Döbel nennt. Dieselben gehen an gewissen Puncten durch die beiden platten Theile, welche zusammengefügt werden sollen, so daß die Schraubenbolzen nur dazu dienen, die Fugenebenen zusammenzuhalten. Sie werden hauptsächlich bei den Zapfenlagern angewendet. Jedoch muß hier bemerkt werden, daß diese Stifte meistentheils nur bei den Werkzeugsmaschinen wirksam sind; die Dampfmaschinen erfordern fast immer stärkere Mittel, um die Stücke in ihrer gehörigen Lage zu erhalten.

Runde Theile der Maschinenstücke.

Die runden Theile der Maschinenstücke haben entweder gerade oder gekrümmte Erzeugungslinien.

Die runden Theile mit geraden Erzeugungslinien sind von Innen oder von Außen cylindrisch oder conisch.

Alle Verbindungen runder Stücke bestehen darin, das eine in das andere einzuführen, wobei vorausgesetzt wird, daß beide Theile gleiche und entgegengesetzte Rundungen von geraden Erzeugungslinien haben.

Die runden Theile mit gekrümmten Erzeugungslinien sind nur äußerlich und kommen bei den Verbindungen gar nicht vor; wir erwähnen ihrer daher nur, ohne uns weiter damit zu beschäftigen.

Die Durchmesser der runden Theile mit geraden Erzeugungslinien sind nothwendig nach den Wirkungen, die sie in einer gegebenen Zeit zu leisten haben, und nach den Stücken, zu denen sie gehören, verschieden; die Dimensionen dieser Stücke sind nothwendig auch nach den Durchmessern ihrer runden Theile verschieden. Nun bedarf man aber für jeden Verbindungstheil besonderer Zeichnungen, Modelle und Werkzeuge. Je bedeutender die Anzahl dieser Stücke in einer Werkstatt ist, je mehr Zeichnungen, Modelle und Werkzeuge für diese besondern Fälle muß man auch haben. Da nun diese Vervielfältigung dieses Materials eine Ausgabe ist, so muß man dieselbe soviel, als möglich, zu vermeiden suchen; zu dem Ende ist es hinreichend, gleiche Stücke in den möglichst vielen Fällen anzuwenden, d. h., man muß eine Reihe von sich möglichst nahestehenden successiven Durchmessern annehmen, um allen Erfordernissen der Construction zu genügen, und dennoch müssen dieselben hinreichend voneinander verschieden sein, damit möglichste Ersparung stattfinde. In der Annahme dieser Reihe von Durchmessern beruht eins von den geeignetsten Mitteln, um Ordnung in der Arbeit einzuführen.

Bei cylindrischen Theilen hat die Sache keine Schwierigkeiten, welches aber durchaus nicht der Fall bei conischen Theilen ist; vorausgesetzt, daß der Durchmesser vom Scheitel bis zur Basis zunimmt.

Da aber die conischen Verbindungen im Allgemeinen nur auf die cylindrischen Theile folgen, so haben wir ein leichtes Mittel, die Kegel, wie die Cylinder, in Reihen zu zerlegen.

Was nun die Cylinder betrifft, so ist die Reihe der Durchmesser, welche, nach unserem Dafürhalten, am Besten den beiden oben angeführten Bedingungen genügt, in der folgenden Tabelle gegeben.

Tabelle der Durchmesser für volle oder hohle cylindrische Stücke, welche allen Erfordernissen der Construction und der Ersparung des Materials genügt, in Millimetern.

5	35	85	170	350	800	1600
6	40	90	180	375	850	1700
8	45	95	190	400	900	1800
10	50	100	200	450	950	1900
12	55	110	220	500	1000	2000
15	60	120	240	550	1100	2200
18	65	130	260	600	1200	2400
21	70	140	280	650	1300	2600
25	75	150	300	700	1400	2800
30	80	160	325	750	1500	3000

Was nun die Kegel betrifft, so ist es nach unserer Annahme hinreichend, für alle Verbindungen, bei denen sie vorkommen, Neigung anzunehmen. Untersucht man zu dem Ende die allgemein angenommenen Neigungen, so findet man, daß sie zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{20}$ der Länge schwanken. Unseres Erachtens ist eine Neigung von $\frac{1}{10}$ zu stark, und zwar aus zwei Gründen: 1) weil das Ausbohren hohler

Theile schwierig ist, und 2) weil die Zusammenfügung nicht hinlänglich zweckmäßig für das Zusammenschrauben ist.

Die Neigung von $\frac{1}{20}$ ist dagegen zu gering, und zwar aus einem entgegengesetzten Grunde: das Ausbohren der hohlen Theile ist leichter, welches freilich kein Fehler ist; allein die Verbindung hat bei'm Zusammenschrauben nicht den gehörigen Halt.

Die Neigung von $\frac{1}{15}$ ist demnach die beste und diejenige, welche wir für alle conischen Verbindungen angenommen haben.

Was nun den Durchmesser von einem der beiden Enden des Kegels betrifft, so müssen wir bemerken, daß, da diese Verbindung stets an den cylindrischen Theilen angebracht ist, der Durchmesser von der Basis des Kegels, der mit dem Anfang des Cylinders in Berührung steht, stärker, als der des letztern, sein muß.

Die Durchmesser der auf diese Weise in Reihen angeordneten runden Theile, die Dimensionen aller Stücke, bei denen diese Theile die Hauptrolle spielen, werden mit diesem Durchmesser in Millimetern, und mit dem Worte Nummer versehen, ausgedrückt. Um demnach ein Zapfenlager zu bezeichnen, dessen Pfannen einen Zapfen von 55 Millimeter Durchmesser aufnehmen sollen, sagt man: Zapfenlager Nr. 55. Ebenso sagt man bei Bolzen, deren Durchmesser 21 Millimeter beträgt: Bolzen Nr. 21 u. s. f.

Allgemeine Verbindungsstücke.

Niete.

Die Niete (Taf. X, Fig. 1) sind Verbindungsstücke für Blechplatten. Sie bestehen aus Kupfer oder aus Eisen, je nachdem das Blech selbst aus dem einen oder aus dem andern dieser Metalle besteht.

Jeder Niet besteht aus dem Kopfe und dem Nagel. Der Kopf der eisernen Niete ist cylindrisch und ist durch eine hinreichende Abplattung von einem Theile des Körpers gebildet, und zwar mittelst eines Werkzeugs, welches wir bei der Kesselschmiederei beschreiben werden. Der Kopf der kupfernen Niete ist entweder kegel- oder halbkugelförmig, je nach der Form des Modells, nach dem sie gegossen worden sind. Der Nagel der Niete ist cylindrisch und hinlänglich lang, daß er mit dem Hammer zusammengestaucht werden kann; diesem Ende gibt man alsdann eine conische Form und zieht mit Hülfe des entgegengesetzten Kopfes die Blechtafeln zusammen.

Wegen der Dimensionen der Niete im Verhältniß zu der Stärke des Bleches verweisen wir auf die Anfertigung der Kessel, von der in der dritten Abtheilung geredet werden wird.

Schraubenbolzen.

Die Schraubenbolzen (Taf. X, Fig. 2—9) werden hauptsächlich zur Zusammenfügung platter Stücke mit übereinanderliegenden Fugen angewendet. Sie unterscheiden sich von den Nieten dadurch, daß sie keine Formveränderung erleiden, um den zu erreichenden Zweck zu erlangen, und jede auf diese Weise hervorgebrachte Verbindung ist insofern veränderlich, daß sie vielmals auseinandergenommen und wieder zusammengesetzt werden kann. Es besteht ein Bolzen aus drei Theilen, nämlich: aus dem Kopf, der Spindel und dem Gewinde.

Der Kopf ist entweder prismatisch mit quadratischer oder sechseckiger Basis, oder auch halbkugelförmig, je nach den Apparaten, bei denen man die Bolzen anwendet, und je nach den Theilen, in denen sie angebracht werden.

Die quadratischen Köpfe werden hauptsächlich bei den gewöhnlichen Bolzen angewendet, d. h. bei solchen, die man an Apparaten benutzt, deren Stücke keine vollständige Zurichtung erfordern, oder bei solchen, die in sorgfältig bearbeiteten Apparaten versenkt werden. Beispiele: Stücke Schmiedeeisen, die mit der Feile bearbeitet werden, Platten zu den Trögen der Condensationsapparate.

Die sechseckigen Köpfe werden fast allgemein bei allen übrigen Fällen angewendet; zuweilen jedoch, wenn die Stücke sehr in's Gesicht treten und man darauf hält, die Bolzen zu verstecken, und man nur den Kopf davon sehen soll, so macht man diesen letztern halbkugelförmig. Beispiel: Locomotivengestell.

Die Spindel oder der Bolzen ist im Allgemeinen cylindrisch, sobald der Kopf quadratisch oder sechseckig und so gestellt ist, daß er leicht mit einem Schlüssel gefaßt werden kann. Ist aber dagegen der Kopf nur schwierig zugänglich oder kugelförmig, so ist es unerläßlich, die Bolzenspindel auf irgend eine Weise so einzurichten, daß sie sich während des Anziehens der Schraubenmuttern nicht in ihrem Loche drehen kann. Zu dem Ende ist das Kopfende des Bolzens entweder quadratisch, und es tritt dies Ende in eine quadratische Oeffnung, welche in einer der beiden zu verbindenden Platten angebracht worden ist, oder man versieht dieses Ende der Spindel mit einer kleinen Verstärkung, welche entweder sogleich daran geschmiedet, oder die eigens daran angebracht ist, und welche in einen Einschnitt an der Peripherie des cylindrischen Loches einer von den beiden zu vereinigenden Platten tritt.

Das Gewinde der Bolzen ist dreieckig und hat soviel, als möglich, einen gleichen eisernen Durchmesser mit dem der Spindel, und eine Länge, welche

in den gewöhnlichen Fällen das Drei- oder Vierfache von der Dicke der Schraubenmutter beträgt.

Bei einer Schraubenmutter betrachtet man zwei Theile, nämlich: die Seiten und das Gewinde.

Man unterscheidet nach der Einrichtung der Seiten oder der äußeren Flächen verschiedene Arten von Schraubenmuttern, nämlich:

1) Vierseitige Schraubenmuttern (Fig. 3).

2) Die sechsseitigen Schraubenmuttern zerfallen in: gewöhnliche (Fig. 5); — verzierte (Fig. 7); — abgedrehte (Fig. 8); — mit Kappen (Fig. 9).

Die vierseitigen Schraubenmuttern werden, wie die quadratischen Köpfe, ausschließlich bei Verbindungen von Stücken, die nicht sorgfältig ausgearbeitet worden sind, sowie auch bei verborgenen Maschinentheilen, angewendet.

Die gewöhnlichen sechsseitigen Schraubenmuttern werden in den meisten Fällen angewendet, hauptsächlich da, wo sie zwar sichtbar sind, sie aber dennoch weniger bemerkt werden, weil sie andere minder wichtige Stücke verbergen.

Die verzierten, abgedrehten, oder mit Kappen versehenen sechsseitigen Schraubenmuttern werden jedesmal dann angewendet, wenn sie durch ihre Stellung die Blicke auf sich ziehen. Was nun die Wahl zwischen diesen drei Formen anbetrifft, so ist sie fast willkürlich; jedoch nimmt man als Regel an, daß sie im umgekehrten Verhältniß der Reihenfolge, in welcher wir sie aufgestellt haben, angewendet werden müssen; die Schraubenmuttern mit Kappen daher, welche die reichsten sind, machen einen um so bessern Effect, je geringer ihre Anzahl ist; es folgen darauf die abgedrehten und dann die verzierten Muttern. Diese letztern werden bei den sorgfältig ausgearbeiteten Maschinen ebenso häufig

angewendet, als die gewöhnlichen sechsseitigen Muttern bei andern.

Verhältnißmäßige Dimensionen.

Die Bolzen und die Schraubenmuttern bestehen stets aus Eisen. Bezeichnet man den Durchmesser der Spindel mit 1, so erhält man für die proportionalen Dimensionen der andern Theile:

1) Kopf und quadratische Schraubenmutter.	Stärke	1,00
	Diagonale des Quadrats	2,25
2) Sechsseit. Kopf und Schraubenmutter.	Stärke	1,00
	Durchmesser d. eingeschriebenen Kreises	2,00

Die übrigen verhältnißmäßigen Dimensionen der Schraubenmuttern sind in den Figuren angegeben.

3) Gewinde. Der Schraubengang wechselt zwischen $\frac{4}{6}$ und $\frac{1}{10}$ von dem Durchmesser der Spindel, je nach den Dimensionen dieser letztern. Betrachten wir die folgende Reihe von Schraubenbolzen, Nr. 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 25, 30, 35, 40, 45, 50, so sind die zweckmäßigen Gänge die folgenden, nämlich:

Durchmesser der Bolzen.	Schraubengänge in Millimetern.	Durchmesser der Bolzen.	Schraubengänge in Millimetern.
Nr. 6	1,0	Nr. 25	3,1
— 8	1,3	— 30	3,7
— 10	1,6	— 35	4,0
— 12	1,7	— 40	4,4
— 15	2,1	— 45	4,8
— 18	2,5	— 50	5,0
— 21	2,6		

Schraubenschlüssel. Das Anziehen der Schraubenmuttern geschieht mittelst Schraubenschlüsseln. Man unterscheidet zwei Arten derselben: Schraubenschlüssel mit festen Backen und solche mit beweglichen Backen.

Die ersteren, welche die besten sind, bestehen aus einem platten Stück Eisen, welches in einen Kopf ausläuft, dessen Stärke ohngefähr 0,75 von dem Durchmesser des Schraubenbolzens beträgt, für welchen sie bestimmt sind. In diesem Kopf ist eine Oeffnung angebracht, dessen Umriß entweder ein vollständiges Polygon, oder, und dies ist am Häufigsten der Fall, ein Theil von einem Polygon ist genau gleich dem des Umrisses von der Schraubenmutter, zu welcher er benutzt werden soll. Bildet die Oeffnung des Schraubenschlüssels kein geschlossenes Polygon, so muß sie bei quadratischen Muttern wenigstens drei, und bei den übrigen vier Seiten haben, von denen zwei, diejenigen, welche die Enden des Hufeisens bilden, die **Backen** heißen.

Die zweiten, die sogenannten **englischen** oder **Universalschraubenschlüssel** sind stets mit Köpfen versehen, die drei rechtwinkliche Seiten haben. Sie unterscheiden sich von den vorhergehenden nur dadurch, daß eine von den Backen beweglich ist und auf diese Weise das Anziehen aller Arten und aller Größen von Schraubenmuttern bewirken kann. Sie haben eine verschiedenartige Einrichtung: bei den einen wird die Entfernung der Backen mittelst eines einfachen Schiebers bewirkt, der mit verschiedenen combinirten Anhaltepuncten versehen ist; bei den übrigen, und dies sind die gewöhnlichsten, geschieht das Stellen der Backen mittelst einer Schraube.

Diese Schlüssel, welche sehr schwer und nicht immer anwendbar sind, sind dennoch sehr zweckmäßig zum Auseinandernehmen der Maschinen, wenn man keine

andern hat. Zum täglichen Gebrauche sind sie nicht zweckmäßig, indem sie die Schraubenmuttern verderben.

Man kann in Beziehung auf diese Schlüssel fast sagen, daß man die Ordnung, welche bei dem Erbauen einer Maschine herrscht, nach der mehr oder weniger häufigen Anwendung des englischen Schlüssels, welche der Maschinenwärter machen muß, beurtheilen kann.

Wirklich trägt die Verschiedenheit in den Dimensionen der Schraubenmuttern, welche ein Maschinenwärter zu behandeln hat, am Meisten zu der Gewohnheit der Benutzung des englischen Schlüssels bei. Nun hängt aber diese Verschiedenheit von zwei Ursachen ab, nämlich: 1) von den vielen verschiedenen Durchmessern der angewendeten Bolzen; 2) von der schlechten Anfertigung der Muttern.

In Betreff der erstern Ursache müssen wir bemerken, daß es gar nichts Seltenes ist, noch jetzt 100 verschiedene Durchmesser von Bolzen in einer Maschinenbauwerkstatt zu sehen, während 12 bis 15 verschiedene Arten für alle Fälle der Anwendung dieser Maschinentheile genügen.

Der Maschinenbauer, welcher die Anzahl und die Durchmesser seiner verschiedenen Bolzen kennt, kann im Voraus die Schlüssel für jede Nummer anfertigen lassen, und vergißt es nicht, alle diejenigen mit abzuliefern, die zu einer verkauften Maschine gehören.

Im entgegengesetzten Falle liefert er gar keinen mit ab, oder solche, die gar nicht benutzt werden können.

Was nun die zweite Ursache betrifft, so müssen wir bemerken, daß die Schraubenmuttern, wenn sie gut sein sollen, mit Maschinen geschnittene Seiten haben müssen.

Wenn man daher bei einer Maschine Bolzen antrifft, deren Dimensionen für einen und denselben Zweck verschieden sind, und Schraubenmuttern von verschiedenen Dimensionen für Bolzen von einem und demselben Durchmesser, so kann man in Wahrheit sagen, daß der Maschinenbauer, welcher diese Maschinen gebaut, keine Ordnung in seiner Werkstatt hat, und daß demnach seine Maschine mangelhaft genannt werden muß. Untersucht man dieselbe mit Aufmerksamkeit, so wird man sehr bald Stücke bemerken, die sich außerhalb der Ebene ihrer Normalbewegung bewegen, und deren Pfannen sich unregelmäßig abnutzen, oder aber die Fugen haben, welche mit Eisen= oder Bleikitt ausgefüllt sind.

Hülsen oder Kappen.

Die Hülsen oder Kappen sind Verbindungsstücke runder Stangen, entweder untereinander, oder mit andern Stücken. Sie bestehen aus Schmiede= oder Gußeisen und zerfallen in folgende verschiedene Arten:

1) Cylindrische Hülsen.	Gerade Hülsen mit Clavette oder mit Schraube.
	Charnier=Hülse mit Clavette oder Schraube.
	Hülsen in Form eines T, nur mit Clavette.

2) Conische Hülsen.	Gerade Hülsen mit Clavette.
	Umgekehrte Hülsen mit Schraube.

Die cylindrischen Hülsen werden zur Längenverbindung einer Stange mit der andern, einer Stange mit einer Kurbelstange oder Achse angewendet.

Zur Verbindung einer Stange mit der andern wendet man die gerade Hülse mit Clavette (Taf. X, Fig. 10), oder mit Schraube (Fig. 11) an.

Zur Verbindung einer Stange mit einer Kurbelstange wendet man die Hülse mit Charnier und mit Clavette (Fig. 12 und 13) oder mit Schraube (Fig. 14 und 15) an.

Zur Verbindung einer Stange mit einer Achse gebraucht man die Tförmige Hülse mit Clavette (Figur 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22).

Die conischen Hülsen werden zur Verbindung einer Stange mit platten Stücken, wie Dampf- und Pumpenkolben, angewendet.

Es gibt keine recht bestimmte Regel für den Vorzug der einen oder der andern Art der conischen Hülsen; es hängt diese Wahl hauptsächlich von der Richtung ab, in welcher es bequemer ist, die Stange einzuführen.

Fig. 23 stellt eine gerade conische Hülse mit Clavette dar.

Fig. 24 stellt eine umgekehrte conische Hülse mit Schraube dar.

Theorie und verhältnißmäßige Formen und Dimensionen der Hülsen.

Die Hülsen sind denselben Einwirkungen des abwechselnden Zuges und Druckes unterworfen, als die in ihrem Innern angebrachten Stangen; ihr geringster Durchschnitt muß daher der Durchschnitt dieser Stangen sein.

Es sei **D** der Durchmesser einer eisernen Stange und **e** die Dicke der Umgebung, welche der ebenfalls eisernen Hülse angehört; da nun der Querschnitt der Umgebung gleich dem der Hülse sein muß, so muß der ganze Querschnitt der doppelte von diesem letztern sein, und man hat:

$$(D + 2\,e)^2 = 2\,D^2.$$

Zieht man die Quadratwurzeln aus, so erhält man:

$$D + 2e = D\sqrt{2} = D \times 1{,}414$$
$$\text{daher} \quad 2e = 0{,}414\,D$$
$$\text{und} \quad e = 0{,}207\,D.$$

Dies deutet an, daß die Stärke der Hülse wenigstens gleich $\frac{1}{5}$ von ihrem inneren Durchmesser sein muß.

Bemerkt man nun, daß, wenn die Hülse eine Clavette hat, dadurch zwei Oeffnungen veranlaßt werden, welche den Durchschnitt ihrer ganzen Dicke vermindern, so müssen wir daraus folgern, daß es zweckmäßig ist, die Hülse stets stärker zu machen, als ihre theoretische Dimension ist, und daher machen wir sie gleich $\frac{1}{4}$ von dem innern Durchmesser.

Die Dimensionen der Clavette oder des Schließkeils, wenn es deren nur eine gibt, oder der Clavetten, wenn die Verbindung mit Clavette und Gegenclavette bewirkt wird, werden durch die Erfahrung bestimmt, indem sie nach dem theoretischen Resultat zu schwach ausfallen würden.

Für alle Clavetten-Oeffnungen, es sei nun nur eine oder zwei, nehmen wir dieselben Dimensionen an, nämlich:

Länge . . . . 0,9 D
Stärke . . . . 0,2 D

wobei D der Durchmesser der Hülse ist.

Diese Oeffnungen sind so eingerichtet, daß, wenn die Stange bis auf den Boden eingeführt worden ist, eine Differenz von 0,1 D für das Anziehen, zwischen den beiden correspondirenden Löchern der Hülse und der Stange (Fig. 12 u. 13) stattfindet.

Diese Differenz von 0,1 D auf jeder Seite, gibt für die Höhe der Clavetten nur 0,8 D.

Die Länge der Hülse wird bestimmt, wenn man bemerkt, daß es zweckmäßig ist, wenigstens eine Berührungslänge zu haben, welche gleich dem Durch-

messer über und unter der Clavette ist, wenn die Stange keinen Spielraum haben soll; es folgt daraus, daß diese Länge gleich D + 0,8 D = 2,8 D.

Da die Formen und übrigen verhältnißmäßigen Dimensionen in den Figuren gegeben worden sind, so halten wir es nicht für zweckmäßig, sie hier mitzutheilen. Wir bemerken nur, daß der Durchmesser des Stangenkörpers stets größer, als der Durchmesser der Verbindung ist. Dies rührt daher, daß man zuweilen den Rand der Stange gegen das Ende der Hülse stoßen läßt, statt daß ihr Ende auf den Boden aufstößt; denn da die Hülsen nicht ausgebohrt werden können, so haben sie nicht immer den genauen Durchmesser der Stange. Endlich gibt man der Stange oft einen etwas stärkern Durchmesser, damit sie von Zeit zu Zeit etwas abgedreht werden könne, wenn sie durch die Abnutzung ihre cylindrische Form verloren hat. Ohne alle Gründe aufzusuchen, die ein solches Verfahren rechtfertigen, glauben wir, daß es zweckmäßig ist, sich an dieser eigenthümlichen Verbindung zu halten, welche einmal allgemein angenommen worden ist.

Wenn die Hülse mit einer Schraube versehen ist, so sind die Dimensionen des Schraubenganges diejenigen, welche wir weiter oben für die Schraubenmuttern und Bolzen angegeben haben. Die Länge und die Dicke sind dieselben, wie vorhergehend.

Gerade cylindrische Hülsen. Die geraden cylindrischen Hülsen mit Clavette werden bei den Balancier-Dampfmaschinen angewendet, um die beiden Theile der Luftpumpenstange zu verbinden, welche man auf diese Weise theilt, um den Deckel leicht abnehmen zu können.

Die geraden Hülsen mit Schraube werden nur zur Verbindung der Stangen bei dem Erdbohrer angewendet.

Cylindrische Hülsen mit Charnieren. Sie unterscheiden sich von der vorhergehenden dadurch, daß sie allein ein vollständiges Stück bilden. Wenn sie eine Clavette haben, so sind die Dimensionen ihres Kopfes dieselben, als die der einfachen Charniere, welche wir weiter unten kennen lernen werden; wenn sie mit Schrauben versehen sind, so ist ihr Kopf derselbe, wie bei einem doppelten Charniere.

Die Schraubenhülsen unterscheiden sich von den vorhergehenden durch den Körper, welcher äußerlich conisch ist, damit das Eisen da, wo die Gabeln vorhanden sind, eine hinlängliche Stärke behalte.

Die Hülsen mit Charnieren werden bei den Maschinen sehr häufig angewendet; mit Clavette dienen sie zur Bewegung der Speise- und der Kaltwasserpumpen; mit Schraube dienen sie zur Bewegung der Hebel für die Vertheilungsventile; allein in diesem Falle nehmen sie eher Lenkstangen, als bloße Stangen auf. Da in diesem Falle das aufzunehmende Stück nicht mit einer Verstärkung zum Anziehen versehen ist, so haben sie, vorausgesetzt, daß die Schraube den Zweck hat, die Länge der Stange zu verändern, eine Mutter, welche, indem man sie anzieht, das Schwanken des mit Schraubengewinden versehenen Theils der Stange in der Hülse verhindert.

Cylindrische Hülsen in der Form eines T. Diese Hülsen, welche besonders bei der Verbindung der Kolbenstangen mit den Achsen der Leitungen verwendet werden, haben, je nach der Einrichtung dieser Leitungen selbst, verschiedene Formen.

Besteht die Leitung aus einem Parallelogramm oder Storchschnabel, wie bei den Balanciermaschinen, so hat die Hülse die Form von Fig. 16.

Wenn die Leitung aus Schlitten und Rahmen besteht, wie bei den Locomotiven, so hat die Hülse die Form der Figg. 17 und 18.

Besteht die Leitung aus Frictionsrollen und Falzen, wie bei den Maschinen mit zwei Kurbelstangen, so ist die Stange direct mit der Achse, mittelst einer cylindrischen Hülse (Fig. 19 u. ff.), verbunden, und die Achse erhält eine andere Form und heißt Querstange. Die Stange und die damit verbundene Querstange bilden alsdann wirklich ein T. Es wird diese Verbindung aber nicht allein zur Leitung einer Stange, sondern auch dazu angewendet, um ihr eine Bewegung mitzutheilen, wie bei der Dampfvertheilung mittelst Schiebern. Mag man aber die Querstange anwenden, wie man will, so verändert sie doch ihre Form im Allgemeinen nicht; die Hülse herrscht auf der ganzen Höhe des Stücks; nur erfolgt ihre Verbindung mit der Stange entweder mit einer Clavette, oder mit einer Schraube und zuweilen selbst mit beiden, wie bei den Schiffsdampfmaschinen.

Wenn die Verbindung mit einer Clavette bewirkt wird, so ist die Hülse cylindrisch und hat einen Absatz (Fig. 19); erfolgt aber die Verbindung durch eine Schraube, so ist die Hülse entweder mit Schraubengewinden versehen und hat zwei Muttern (Fig. 20), von denen die eine darunter und die andere darüber angebracht ist; oder sie ist cylindrisch und hat vier Muttern (Fig. 21), von denen zwei darüber und zwei darunter.

Wenn die Verbindung mit Clavette und Schraube bewirkt worden, so ist die Stange cylindrisch, hat einen Vorsprung und ein Schraubengewinde, welches eine Mutter aufnimmt (Fig. 22).

Conische Hülsen. Die Neigung der conischen Hülsen ist die, welche wir weiter oben bei den runden Theilen angegeben haben; ihre Länge ist der

der gewöhnlichen Hülsen, d. h., 2,8 D; ihr Durchmesser am Anfange der Stange ist die Nummer über der der Stange.

Stopfbüchse.

Die Stopfbüchsen (Fig. 25 und 26) sind Stücke, welche den Zweck haben, die Verbindung zwischen zwei Mitteln zu unterbrechen, in denen sich eine Stange oder eine Welle bewegt. Sie bestehen aus vier Theilen, nämlich:

Die Büchse, die Garnitur oder Stopfung, der Ring und der Deckel.

Die Büchse ist ein hohler Cylinder, gewöhnlich mit dem Scheider, welcher die beiden Mittel trennt, aus einem Stücke gegossen; sie hat den Zweck, die Stopfung oder Liderung aufzunehmen, mittelst welcher die vollständige Trennung der aneinanderliegenden Mittel erfolgt.

Die Liderung besteht im Allgemeinen aus Hanflunten, die mit Oel und Talg getränkt sind, die um die Stange gewickelt und zwischen der Scheibe und dem Deckel stark zusammengedrückt werden.

Seit einigen Jahren hat man es jedoch versucht, wie bei den Kolben, statt der Hauptliderung, eine gänzlich aus Metall bestehende anzuwenden. Diese Metallliderungen bestehen aus einer Reihe von übereinanderliegenden Ringen, von denen jeder aus drei gleichen Theilen besteht, die durch eiserne Federn, welche gegen die innere Wand der Büchse treten, gegen die Stange gedrückt werden. Die Fugen der Theile, aus denen die Ringe bestehen, haben einen gewissen Spielraum für das Anziehen und werden von einem vollen Theile des auf- und des darunterliegenden Ringes gedeckt, so daß durchaus kein Dampf entweichen kann. Durch den Deckel der

Stopfbüchse werden diese Ringe gehindert, die Stange bei ihrer Bewegung zu begleiten.

Der Ring besteht aus Messing und liegt auf dem Boden der Büchse, um zu verhindern, daß die Liderung nicht mit der Stange durch die untere Oeffnung der Büchse gehe. Man könnte die Anwendung des Ringes leicht vermeiden, wenn man dieser Oeffnung denselben Durchmesser, wie der Stange, gäbe; allein man hütet sich wohl, zu einer so schädlichen Einrichtung zu greifen, weil in diesem Falle 1) die Bewegung der Stange eine Reibung veranlaßt, welche auf die Länge die in Berührung stehenden Theile abnutzt und nach und nach den Spielraum vergrößert, welcher zwischen der Stange und der innern Oeffnung der Büchse stattfindet. Ist dieser Spielraum zu bedeutend geworden, so muß man entweder die ganze Büchse auswechseln, d. h., den Scheider, mit welchem sie aus einem Stück gegossen ist, oder man muß einen Ring hineinlegen, der, da die ganze Einrichtung nicht darnach gemacht worden ist, die Höhe des Raums vermindert, den die Liderung einnimmt. 2) Wenn die Büchse aus Gußeisen besteht und die Oeffnung denselben Durchmesser, als die Stange, hat, so würde die Reibung Streifen auf der letztern veranlassen und sie unbrauchbar machen.

Es ist daher jedenfalls zweckmäßig, bei den Stopfbüchsen Ringe anzuwenden, theils, weil sie sich leicht auswechseln lassen, sobald sie abgenutzt sind und weil sie aus einem weichen Metalle bestehen, welches die Stange nicht verderben kann.

Die Ringe sind entweder flach, oder nach der Seite der Liderung zu concav, wie es die Figur angibt. Diese Concavität hat den Zweck, die horizontale Wirkung des senkrechten Drucks von dem Deckel auf die Liderung zu verstärken, und auf diese Weise eine stärkere Verdichtung zu erlangen.

Der Deckel ist ein beweglicher Ring oder Cylinder, durch welchen ein Druck auf die Liderung hervorgebracht wird. Zu dem Ende ist er entweder mit einem Schraubengewinde versehen, in welchem Falle der Druck unmittelbar stattfindet, oder er hat zwei oder drei Ohren, in welchem letztern Falle der Druck mittelst Bolzen und Schraubenmuttern bewirkt wird.

Man unterscheidet zwei Arten von Schraubendeckeln, nämlich: Deckel mit innern und solche mit äußern Schraubengewinden.

Die ersteren (Fig. 27) bestehen aus zwei Theilen, nämlich aus der Liderungspresse und aus der Schraubenmutter. Die erstere ist ein hinreichend dicker Ring und die Mutter ist eine Art von Hülse, die mit Schraubengewinden und äußerlich mit 6 Flächen versehen ist. Bei solchen Deckeln ist die Büchse außerhalb mit Gewinden versehen.

Die zweiten (Fig. 28) bestehen aus einem einzigen Stück und endigen oben in eine sechsseitige Verstärkung, auch um das Anziehen zu erleichtern. Bei diesen Deckeln ist die Büchse im Innern mit Schraubengewinden versehen.

Von diesen beiden Arten von Deckeln ist der erstere ohne Widerrede der bessere; allein er kann, wegen des vielen dazu erforderlichen Materials, nur bei geringen Durchmessern angewendet werden. Der zweite, welcher bei größern Durchmessern als wohlfeiler stets vorgezogen wird, hat das Nachtheilige, daß die Liderung bei'm Anziehen der Schraube stets in das Gewinde geräth und dasselbe sehr rasch zerstört. Uebrigens können diese beiden Arten von Deckeln nur bei Stopfbüchsen von Bronze oder Messing zweckmäßig angewendet werden; bei Gußeisen sind sie, da die in dasselbe eingeschnittene Schrau-

bengewinde sich sehr leicht abnutzen, ganz unbrauchbar.

Die Deckel mit Ohren oder Lappen sind die festesten und werden deshalb auch am Häufigsten angewendet. Die mit zwei einander gegenüberstehenden Lappen haben gegen die mit drei Lappen den Vorzug, daß sie sich den Querschwankungen der Kolbenstange fügen, wenn sich dieselbe nicht theoretisch in einer geraden Linie bewegt, wie dies der Fall bei den Dampfcylindern ist, die mit einem Watt'schen Parallelogramm versehen sind; außerdem ist die Verdichtung der Liderung mit zwei Bolzen hinreichend, und es sind daher die auf diese Weise eingerichteten Deckel die am Häufigsten angewendeten. Ihre Verbindung mit der Büchse ist bei verschiedenen Maschinenbauern verschieden. Die Büchse ist entweder selbst mit Lappen versehen (Fig. 25 und 26, Taf. X.), in denen die untern Enden der befestigten Bolzen befindlich sind, welche Befestigung entweder durch ein Schraubengewinde oder durch eine Clavette, je nach der Wichtigkeit der Stange, bewirkt wird, oder die Büchse ist rund und auf der Drehbank polirt (Figur 29); die Bolzen sind alsdann unten mit runden Köpfen versehen, durch welche starke Schrauben gehen, welche in die Büchse eingeschraubt werden. Diese letztere Verbindung ist jedoch weit kostbarer und weniger fest, als die andere; man wendet sie vorzugsweise bei solchen Theilen gutgearbeiteter Maschinen an, welche in's Auge fallen.

Verhältnißmäßige Dimensionen der Stopfbüchsen.

Man unterscheidet bei den Stopfbüchsen drei voneinander unabhängige Hauptdimensionen, nämlich:

den Durchmesser der Stange d;

den innern Durchmesser der Büchse D;

den Durchmesser der Bolzen δ.

Die folgende Tabelle gibt für Durchmesser der Stange zwischen 10 und 100 Millimetern, die, unserer Annahme nach, zweckmäßigsten correspondirenden Durchmesser der Büchse und der Bolzen an.

Durchmesser der Stange d.	Durchmesser der Büchse D.	Durchmesser der Bolzen δ.
Millim.	Millim.	Millim.
Nr. 10	30	10
„ 12	35	10
„ 15	40	10
„ 18	45	12
„ 21	50	12
„ 25	55	12
„ 30	65	15
„ 35	70	15
„ 40	75	15
„ 45	85	18
„ 50	90	18
„ 55	95	18
„ 60	100	21
„ 65	110	21
„ 70	120	21
„ 75	130	25
„ 80	130	25
„ 85	140	25
„ 90	150	30
„ 95	150	30
„ 100	160	30

Was nun die übrigen Dimensionen der Stopfbüchsen anbelangt, so verweisen wir auf die Figur 26.

Naben, Keile und Schlüsselkeile.

Die Naben sind die Verbindungsstücke mit den Wellen oder Achsen aller sich mit ihnen bewegenden Stücke. Sie bestehen entweder aus Schmiede-

oder aus Gußeisen, je nach der Beschaffenheit des Metalles der Stücke, denen sie angehören; sie bestehen aus einem entweder cylindrischen oder prismatischen Ringe, je nach dem Querschnitte der Welle da, wo die Verbindung stattfindet.

Früher, als noch die Bohrmaschinen wenig verbreitet waren, wurde die Verbindung der Naben mit den Wellen mittelst doppelter eiserner Keile bewirkt, welche man von mehrern Seiten zwischen die äußern Flächen der Welle und die innern Flächen der Nabe eintrieb, indem der Umfang der letztern etwas größer, als der der erstern war. Die Operation, das sogenannte Verkeilen, war sehr schwierig, indem man die Stücke centriren mußte, indem man sie fest auf die Welle keilte. Jetzt hat man diese Art der Befestigung aufgegeben, indem man sowohl den Tragepunct der Welle, als auch die Nabe cylindrisch macht und ihnen gleichen Durchmesser gibt.

Um die Naben auf den Wellen zu befestigen, wendet man zwei Arten von Keilen an, von denen die eine prismatisch, mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitte, zur Hälfte in der Welle und zur Hälfte in der Nabe sich befindet. Die andere Art ist etwas conisch, hat einen halbkreisförmigen Querschnitt, liegt in der Nabe und bietet ihre flache Seite der Welle dar, die an dem Berührungspunct etwas vertieft ist.

Man nennt den ersten Schlüssel oder Schließkeil, indem er wirklich das Losegehen des Stücks auf der Welle verhindert.

Den zweiten nennt man Ziehkeil, weil er, wenn er mit Kraft eingetrieben wird, jede Bewegung des Stücks auf der Welle verhindert.

Die resp. Lagen dieser beiden Theile sind nicht vollständig bestimmt. Der Schlüsselweg oder Falz der Nabe, welcher zur Aufnahme des Schließkeils

dient, wird stets an demjenigen Ort angebracht, wo am Meisten Material vorhanden ist, damit die daraus erfolgende Schwächung die möglichst geringste sei. So befindet sich bei einer Kurbel der Schlüsselweg in der Mitte des Raums, der durch die Verbindung des Armes mit der Nabe eingenommen worden ist; bei einem Zahnrade befindet sich der Schlüsselweg ebenfalls in der Mitte eines Armes.

Der Falz des Ziehkeils nimmt verschiedene Stellen bei den Maschinenbauern ein, und diese Puncte sind auch nach dem Spielraume verschieden, welche die beiden in Berührung stehenden Oberflächen haben, sowie auch endlich nach dem Grade der Genauigkeit, nach welchem man den Mittelpunct der Nabe bestimmt, wenn man sie auf die Drehbank gebracht hat.

Wenn die beiden Cylinder, der innere und der äußere, vollkommen gleich sind und keinen Spielraum darbieten, so ist es zweckmäßig, daß der Ziehkeil im rechten Winkel, oder in vier Drittel rechten Winkeln mit dem Schließkeil angebracht wird, so daß drei Hauptberührungspuncte entstehen, die beste Bedingung, um eine unerschütterliche Verbindung zu erlangen. Wenn sich dagegen der Ziehkeil an dem andern Ende des Durchmessers befindet, welcher durch den Schließkeil geht, so gibt es nur zwei scharfe Berührungspuncte, und die Folge davon ist, daß die Nabe stets schwankt, vorausgesetzt, daß die vollkommene Genauigkeit in der Gleichheit der Durchmesser nicht im Allgemeinen erlangt werden kann.

Verhältnißmäßige Dimensionen.

Die Figg. 30 und 31 (Taf. X.) geben die verhältnißmäßigen Dimensionen einer schmiedeeisernen Nabe, die mit ihren Schlüsselwegen für die Schlüs-

fel und Keile versehen ist. Die Figg. 32 und 33 geben die einer gußeisernen Nabe.

Man wird bemerken, daß die Fig. 33 drei Längen für die gußeiserne Nabe angibt, nämlich 1, 2; 1, 5; 2. Die erstere wird gewöhnlich für Kurbeln und andere ähnliche Stücke angewendet; die zweite für Räderwerke und andere ähnliche Stücke. Die dritte wird zuweilen auch für Zahnräder angewendet, hauptsächlich aber für Naben, welche Wellen mit einem oder mit zwei Zapfen an den Enden aufnehmen.

Die Stärke der Naben läßt sich nicht nach dem relativen Widerstande für die Torsion berechnen, vorausgesetzt, daß die größte Anstrengung, welche sie zu überwinden haben, die des Ziehkeils ist, welche sie zu zerbrechen sucht; es sind demnach practische Dimensionen, welche wir hier angeben.

Die schmiedeeisernen Naben haben am Häufigsten die in der Figur angegebene theoretische Form; zuweilen ist es jedoch der Fall, daß man zur Verzierung die beiden scharfen Kanten, welche den Durchschnitt des äußern Cylinders und der beiden Endebenen bilden, durch eine Viertelhohlkehle ersetzt.

Bei gußeisernen Naben läßt man die Kante fast immer weg. Sie werden alsdann durch Viertelhohlkehlen oder durch einen Stab ersetzt und zuweilen durch beide. Diese Einrichtung ist fast nothwendig wegen der großen Stärke, welche man dem Gußeisen rings um die Oeffnung gibt. Im Allgemeinen ist es zweckmäßig, daß man die Hohlkehlen und Stäbe sogleich bei'm Gusse herstellt, da sie fast gar nichts kosten, und da sie diesem Metall ein um so angenehmeres Ansehen geben, da das Eisen durch seine Form und Mattigkeit, sowie auch durch das Massive der Stücke, wenig Angenehmes hat.

Für die Hohlkehlen der Naben gibt es eigentlich keine verhältnißmäßigen Dimensionen, indem sie nach den Stücken selbst sehr verschieden sind. Wir werden sie weiter unten bei den Stücken selbst näher kennen lernen.

Charniere, Gelenke oder Gewinde.

Die Charniere, Gelenke oder Gewinde bilden im Allgemeinen Verbindungen beweglicher Stücke, entweder untereinander, oder mit festen Stücken. Bei den Dampfmaschienen betrachten wir unter diesen Benennungen Theile, welche die Enden von den drei folgenden Stücken bilden, nämlich die Kurbel- oder Lenkstangen, die Hülsen, die Hebel.

Man unterscheidet zwei Arten von Gelenken: solche mit Bolzen und solche mit Zapfen oder Achsen.

Die ersteren werden hauptsächlich dann angewendet, wenn die zu vereinigenden Stücke eine secundäre Wichtigkeit, oder wenn sie keine großen Anstrengungen auszuhalten haben.

Die zweiten muß man nothwendig immer dann anwenden, wenn große Widerstände zu überwinden und große Reibungen auszuhalten sind.

1) Gelenke mit Bolzen.

Die Bolzengelenke bestehen im Allgemeinen aus Schmiedeeisen und haben drei Haupttheile, nämlich: den Kopf (Fig. 34 u. 35, Taf. X.), die Gabel (Fig. 35 u. 36), der Bolzen A (Fig. 36).

Wenn die zu verbindenden Stücke zwei Lenker sind, so ist der eine von ihnen mit dem Kopfe und der andere mit der Gabel versehen. Der Uebergang des Gelenkes zu den runden Theilen eines jeden Lenkers findet mittelst Verlängerungen statt, von de-

nen die eine einen quadratischen und die andere einen regelmäßig achteckigen Durchschnitt hat, umschrieben auf eine Peripherie von einem etwas stärkeren Durchmesser, als der ist, wo die Rundung beginnt.

Wenn die zu vereinigenden Stücke ein Lenker und eine Hülse sind, so ist jener mit der Gabel versehen, wenn die Hülse eine Clavette hat, und mit einem Kopfe, wenn die Hülse eine Schraube hat.

Bestehen die zu vereinigenden Stucke aus einem Lenker und einem Hebel, so ist jener, mit wenigen Ausnahmen, stets mit der Gabel versehen.

Wenn die zu verbindenden Stücke eine Hülse und ein Hebel sind, so hat der letztere die Gabel, wenn die Hülse mit einer Clavette versehen ist, und mit einem Kopfe, wenn die Hülse eine Schraube hat.

Verhältnißmäßige Dimensionen.

Die hauptsächlichsten verhältnißmäßigen Dimensionen der Gelenke sind die folgenden, nämlich:

Wenn der Durchmesser des Bolzens 1 ist, so ist der des Anfanges von dem Körper des Lenkers 1; die Eisenstärke um den Bolzen ist gleich 0,6, und die Stärken der Köpfe 1,2 für den Kopf, und zweimal 0,75 für die Gabel.

Das Verbindungsquadrat zwischen dem Kopf und dem Körper des Lenkers hat in der Gabel 1,2 für die Seite, während in dem Kopfe es nur 1,2 auf 1,1 hat. Diese Verminderung in einer der Dimensionen wird durch den größern Vortheil veranlaßt, den für die Construction die Leichtigkeit hat, die daraus folgt, den Kopf etwas abzudrehen, welches nicht der Fall sein könnte, wenn man 1,2 in beiden Richtungen ließe.

Die Figuren geben hinreichend die übrigen proportionalen Dimensionen an.

2) Gelenke mit Zapfen oder Achsen.

Die Gelenke mit Zapfen, welche besonders bei den Verbindungen der Lenker angewendet werden, deren Arbeit von einiger Wichtigkeit ist, haben entweder einen **Kopf** und eine **Gabel**, wie die vorhergehenden, oder sie haben nur **zwei Köpfe**.

Wenn diese Gelenke Kopf und Gabel haben, so bieten sich zwei Fälle dar, je nachdem der Lenker den einen oder den andern von diesen Theilen trägt.

Ist der Lenker mit einer Gabel versehen, so ist die Achse in dem Kopfe befestigt, womit das andere Stück versehen ist und bietet dem Lenker zwei Zapfen dar, von denen auf jeder Seite des Kopfes einer vorhanden ist.

Hat der Lenker einen Kopf, so ist die Achse in den beiden Theilen der Gabel befestigt, mit denen das andere Stück versehen ist, und bietet dem Lenker einen einzigen Zapfen dar, der in der Mitte angebracht ist.

In beiden Fällen ist die Art und Weise der Verbindung eines jeden Zapfens der Achse mit dem Ende des Lenkers dieselbe und wird mittelst eines **beweglichen Endes** bewirkt.

Haben diese Gelenke zwei Köpfe, so ist die Achse stets in dem Kopfe desjenigen Stücks befestigt, welches sich mit dem Lenker verbindet und bietet diesem letztern einen einzigen Zapfen dar, und die Verbindung wird mittelst eines **festen Endes** bewirkt.

Bewegliches Ende. Ein solches (Fig. 37, 38, 39, 40, 41, Taf. X.) besteht aus drei Theilen,

nämlich: aus dem Bügel A, den Futterstücken B,B' und aus den Clavetten C,C'.

Die Futterstücke bestehen aus einem hohlen Cylinder, der durch zwei parallele Schnitte in zwei Theile getrennt ist, die einen kleinen Spielraum zwischen sich lassen. Sie haben den Zweck, die Reibung der Verbindung so gering, als möglich, zu machen und sich mehr abzunutzen, als der eiserne Zapfen, den sie umgeben; in dem Maße, als sie sich nun abnutzen, müssen sie auch einander genähert werden.

Der Bügel hat den Zweck, die Futterstücke an ihrem Orte zu erhalten und mit dem Lenker zu verbinden. Zu dem Ende haben die Futterstücke außerhalb Vorsprünge oder Backen, wodurch sie verhindert werden, aus dem Bügel herauszugehen, wenn sie einmal von demselben umfaßt sind. Außerdem ist dieser letztere mit zwei Clavetten versehen, von denen die eine, C, als eigentlicher Keil wirkt, während der andere, C', die sogenannte Gegenclavette ist.

Die Oeffnungen in dem Bügel und in dem Ende des Lenkers haben ebenfalls einen dem Zusammentreiben der Futterstücke entsprechenden Spielraum. Um nun dies Zusammentreiben zu bewirken, ist es hinreichend, die Clavette C, welche, sowie die Gegenclavette C', eine Verjüngung von $\frac{1}{15}$ haben, mit Hammerschlägen einzutreiben.

Die Futterstücke haben dreierlei hauptsächliche äußere Formen, welche in verschiedenen Werkstätten vorherrschen, nämlich: 1) die spitzbogige; 2) die achteckige; 3) die quadratische Form.

Die spitzbogige Form (Fig. 37 u. 38, Taf. X.), welche häufig nur für das obere Futter B, aber auch für beide angewendet wird, hat nachstehende Mängel, so daß man sie immer mehr und mehr aufgibt.

Wenn die Futterstücke auf den Zapfen festgekeilt sind und man setzt die Maschine in Betrieb, so suchen sie aus ihrer Stellung zu kommen und sich mit dem Zapfen in dem Bügel zu drehen. Um dies zu vermeiden, versieht man sie am obern Theile mit kleinen Lappen, welche in das Innere von Schlitzen treten, die an der innern Seite des Bügels angebracht worden sind. Obgleich diese Lappen ihren Zweck sehr gut erfüllen, so wird es doch durch sie unmöglich, das Aeußere der Futter umzukehren; auch muß man sie mit der Feile vollenden, welches viel Arbeit verursacht und keine große Genauigkeit gewährt. Die achteckige Form (Fig. 42 und 43, Tafel X.) vermeidet diese Nachtheile zum Theil, ohne daß dadurch eine Vermehrung des Materials stattfände; jedoch kommen Fälle vor, in denen auch diese Einrichtung nicht ausreicht. Außerdem haben auch die achteckigen Futterstücke kein so angenehmes Ansehen, als die vorhergehenden.

Die quadratische Form (Fig. 39, 40 und 41, Taf. X.) ist ohne Widerrede die beste von den dreien. Sie leistet in allen Fällen, welche sich darbieten können, die erforderliche Festigkeit, ohne daß dazu mehr Material nöthig ist. Anfänglich wurden die Futter dieser Art ausschließlich bei'm Maschinenbau angewendet, später wurden sie durch die beiden andern Arten ersetzt, deren geringe Stabilität hauptsächlich bei den Locomotiven wahrgenommen wurde; man nahm daher die quadratische Form wieder auf, und jetzt wird ihr von allen Ingenieuren der Vorzug gegeben.

Wir dehnen uns hier nicht auf die andern Formen und Dimensionen aus, welche man den Futterstücken, den Bügeln und den Clavetten gibt, indem die Figuren das Erforderliche über diese beiden Puncte sagen. Wir bemerken nur noch, daß der

Anfang des runden Lenkkörpers, wie bei den einfachen Gelenken, denselben Durchmesser, als die Zapfen der Achse hat.

Festes Ende der Lenker. Diese Einrichtung (Fig. 44, 45, Taf. X.), welche man auch geschlossenen Kopf nennt, besteht, wie die vorhergehende, aus drei Theilen; der Bügel ist ein Gelenkkopf, der im Innern mit Futtern versehen ist, welche durch eine einzige Clavette festgekeilt werden.

Von dem beweglichen Ende ist diese Einrichtung darin wesentlich verschieden, daß die Abnutzung der Futter eine Verlängerung des Lenkers bewirkt, während bei der andern Einrichtung diese Abnutzung eine Verkürzung veranlaßt.

Diese Resultate taugen beide nichts, vorausgesetzt, daß bei gewissen Maschinentheilen, z. B., den Parallelogrammen, durch Veränderungen ihrer Dimensionen auch die Genauigkeit verloren geht. Man verhindert diese Mängel zum Theile dadurch, daß man kleine Platten von dünnem Bleche zwischen die Futter und die Bügel legt; allein es ist dies ein sehr nachtheiliges Verfahren. Soll die fortwährende Genauigkeit scharf sein, so ist es zweckmäßiger, an dem obern Theile des festen Bügels eine oder zwei Schrauben anzubringen, welche unmittelbar auf das Futter oder auf ein Zwischenstück wirken, und deren Losziehen durch zwei äußere Muttern verhindert wird. Für die beweglichen Enden hat man mehrere Einrichtungen derselben Art ausgedacht, die nur schwieriger auszuführen sind.

Die Form der geschlossenen Köpfe ist nach der Beschaffenheit der Arbeit, welche sie auszuführen haben, sehr verschieden. Für Pumpenstangen, Storchschnabellenker rc. ist der Kopf der Figur zweckmäßig; bei Locomotivlenkstangen wendet man das feste qua-

dratische Ende an, und zwar vorzugsweise vor dem beweglichen quadratischen Ende, und zwar ohne Zweifel deshalb, weil dieses letztere nicht hinlängliche Stabilität darbietet.

Die Fig. 46 stellt ein festes, offenes Ende dar; es ist dies eine intermediäre Einrichtung zwischen dem beweglichen und dem festen Ende. Sie hat gegen die vorhergehenden Einrichtungen die Eigenthümlichkeit, daß, da sie eine dritte Clavette C'' auf der andern Seite der Futter besitzt, das Festkeilen ohne eine Längenveränderung des Lenkers bewirkt werden kann.

Obgleich die Clavetten jedem andern Apparate zum Festkeilen vorgezogen werden müssen, so haben sie doch ebenfalls ihre Mängel. Ihr hauptsächlichster besteht darin, daß sie sich losziehen, und daß sie, wenn man nicht Acht darauf hat, herausfallen. Zur Vermeidung dieses letztern hat man verschiedene Einrichtungen ersonnen, indem aus diesem Herausziehen oft sehr nachtheilige Folgen entstehen können. Eine von diesen Einrichtungen, welche häufig angewendet wird, besteht darin (Fig. 47), die Gegenclavette mit einer Oeffnung zu versehen, durch welche das mit Schraubengewinden versehene Ende der Clavette geht, welches alsdann nach Belieben mittelst zweier Muttern angezogen werden kann.

Eine andere Einrichtung (Fig. 48) besteht in einer stählernen Schraube, die in eine Spitze ausläuft, und die man in der Platte von dem Lenkerende und über der Clavette anbringt.

Eine dritte Einrichtung, welche einfacher, als die beiden ersten, ist, besteht darin, die Clavette mit einer Reihe von Löchern zu versehen (Taf. X. Fig. 41), und durch dasjenige Loch, welches dem äußern Bügel am Nächsten ist, einen Vorsteckstift mit zwei Schenkeln einzuführen. Wenn diese Schenkel aus-

einander gemacht worden sind, so kann sich die Clavette nicht mehr von ihrer Stelle bewegen.

Zapfenlager.

Die Zapfenlager sind die Stützen der Wellen auf festen Stücken. Man unterscheidet zwei Hauptclassen: Zapfenlager für horizontale, und solche für senkrechte und stehende Wellen.

1) Zapfenlager für horizontale Wellen.

Man unterscheidet bei den Zapfenlagern die eigentlichen Zapfenlager und die Hängelager. Die erstern tragen die Wellen, welche über der Ebene der Verbindung mit dem festen Stücke liegen; die Hängelager dagegen die unter dieser Ebene liegenden Wellen.

Zapfenlager. Dieselben (Fig. 49, 50, 51, 52, 53, Taf. X) bestehen aus drei Theilen, nämlich: aus dem eigentlichen Lager, aus dem Deckel und aus der Schwelle oder Sohlplatte.

Das Lager ist derjenige Theil, welcher die Pfannen oder das Futter trägt; der Deckel erhält sie an ihrem Platze; die Sohlplatte ist der Theil, wodurch das Lager mit dem festen Stücke verbunden wird.

Das Lager **A** der Zapfenlager besteht im Allgemeinen aus einer Masse von Gußeisen, welche den von der Pfanne oder dem Futter eingenommenen Raum umgibt, und die mit der Sohlplatte entweder unmittelbar, oder durch verschiedenartig geformte Stützen, je nachdem die Höhe zwischen der Grundebene und der Achse der Welle mehr oder weniger hoch, verbunden ist.

Der Deckel **B** wird mit dem Lager gewöhnlich mittelst Bolzen und Schrauben verbunden; die

Bolzen haben entweder einen Kopf oder eine Clavette, je nach der größern oder geringern Schwierigkeit, welche sich bei ihrem Auswechseln darbietet; indem dieses Auswechseln wegen Abnutzung oder Zerbrechen erforderlich ist.

Die Sohlplatte oder Schwelle C besteht aus einer hinlänglich starken, länglich-viereckigen, gußeisernen Platte. Sie ist an ihrer Basis mit abgehobelten Tragepuncten versehen, welche andern ebenfalls abgehobelten Tragepuncten auf dem festen Stück entsprechen. Die Verbindung wird mittelst Schraubenbolzen bewirkt, und das Feststellen geschieht entweder durch Stellnägel, oder durch eiserne Keile, welche zwischen den Enden des Lagers und den Vorsprüngen der Sohlplatte oder Schwelle eingetrieben werden.

Die Pfannen oder Futter der Lager haben dreierlei verschiedene Formen, wie die der Lenkstangenenden; unter 100 Millimeter haben sie selbst in beiden Fällen gleiche proportionale Dimensionen.

Wenn die Futter einen quadratischen Umriß haben (Fig. 51 und 52), so werden die beiden Theile derselben durch die innern Seitenflächen des Lagers an ihrem Platze erhalten; der Deckel besteht alsdann in einer einfachen Platte, die an den Enden mit Löchern für die Schraubenbolzen versehen ist, wodurch er auf dem Lager festgehalten wird.

Wenn die Pfannen einen achteckigen Umfang haben (Fig. 66 A), so ist es anders; die obere Pfanne wird alsdann nur zum Theil durch das Lager festgehalten. Der Deckel muß daher mit kleinen, dreiseitig prismatischen Vorsprüngen versehen werden, welche zur Ausfüllung des leeren Raumes, welchen die Wangen des Lagers zu beiden Seiten lassen, dient.

Haben die Pfannen einen spitzbogigen Umriß (Fig. 49), so wird die obere durch den Deckel gänz-

lich an ihrem Platze erhalten. Der letztere muß alsdann mit Vorsprüngen versehen sein, welche den ganzen leeren Raum zwischen den innern Seitenflächen des Lagers und dem äußern Umriß der Pfanne genau ausfüllen.

In allen Fällen ist es zweckmäßig, das Lager wenigstens in der Höhe der horizontalen Ebene, welche den obern Theil des Zapfens berührt, anzubringen. Zuweilen zieht man es vor, das Lager im Niveau von der Achse der Welle abzuschneiden und den Deckel niedergehen zu lassen; diese Einrichtung ist aus dem Grunde sehr schlecht, weil alsdann der Deckel durch Nichts an seinem Platz erhalten wird, denn die Schraubenbolzen können nur zum Anziehen dienen, widerstehen aber durchaus der Kraft nicht, welche die Welle bei ihrer Bewegung macht, um den Deckel aus seiner Lage zu verdrängen, und wackelt daher mit der Pfanne, die er in ihrer Stellung erhalten soll. Die Futter werden daher sehr bald unbrauchbar und das ganze Zapfenlager verliert an Stabilität.

Bei sehr starken Wellen wendet man zuweilen, um Bronze zu ersparen, aus vier Theilen bestehende Futter an. Die Figg. 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, Taf. X, stellen das Ganze und die Details von einem Zapfenlager für eine Schwungradwelle dar, nämlich:

Fig. 54, 55, 56 und 57 Grundriß, Durchschnitt und Aufrisse des ganzen Lagers.

Fig. 58 und 59 obere und untere Ansicht des Deckels.

Fig. 60 die Details der Futter.

Hängelager. Die Hängelager (Fig. 61) bestehen, wie die Zapfenlager, aus einem Lager, einem Deckel und aus einer Sohlplatte. Die Formen des Lagers sind in verschiedenen Maschinenbauwerkstätten

sehr verschieden, und ebenso die relativen Stellungen der Welle und der Decken oder Balken, an denen sie befestigt sind. Die Verbindung des Deckels mit dem Lager ist von dem bei den Zapfenlagern angewendeten verschieden; sie wird mittelst einer Clavette von länglich-viereckigem Durchschnitt bewirkt.

2) Lager für senkrechte Wellen oder Fußlager.

Die Fußlager (Fig. 62) bestehen aus einem gußeisernen Kasten, dem Lagerkasten A, in welchen das Ende eines stählernen Zapfens B tritt, der an dem untern Ende einer senkrechten Welle C angebracht ist. Das Innere des Kastens ist mit zwei Stücken versehen, welche eine weniger schnelle Abnutzung vermeiden sollen; diese beiden Stücke sind: 1) Ein ringförmiger Cylinder von Stahl, die Büchse; 2) eine Linse, ebenfalls aus Stahl bestehend, die Spurplatte. Das Fußlager ist entweder in einen Stein eingelassen und mit Schwefel oder Blei eingegossen, oder es ist auf eine gußeiserne Sohlplatte, oder ein hölzernes Schwellwerk mit Bolzen befestigt.

Hin und wieder kann man sehr vortheilhaft das in Fig. 63 dargestellte Fußlager anwenden. A ist ein Zapfen von Stahl, oder zuweilen auch von hartem Gußeisen; B ist die Welle.

Wenn die Wellen, welche in Fußlagern stehen, eine gewisse Wichtigkeit haben und Genauigkeit erfordern, so wendet man Fußlager an, deren Büchsen oder Kasten mittelst Stellschrauben beweglich sind (Figur 64, 65, 66, 67, 68).

Da sich diese Stücke sehr stark abnutzen, so kann es in gewissen Augenblicken nöthig sein, die Welle, welche sie tragen, erhöhen zu müssen, um eine zu große Reibung zwischen den Winkelrädern zu vermei-

den. Man versieht alsdann das Fußlager mit eisernen Keilen A (Fig. 64 und 65), welche man von Zeit zu Zeit anzieht, um die Welle in ihrer Stellung zu erhalten.

Mag man aber die Fußlager einrichten, wie man will, so erhält man nur mangelhafte Apparate, nicht allein durch die Art und Weise, wie sie wirken, sondern wegen der schnellen Abnutzung des einen oder des andern von den Theilen, entweder des Zapfens, oder des Kastens, zuweilen auch beider zugleich.

Die besten Fußlager sind, unseres Erachtens, diejenigen, bei welchen der Kasten in einem gewöhnlichen Zapfenlager besteht, der die Welle an einer benachbarten senkrechten Wand in einer geringen Höhe über dem Zapfen erhält. In diesem Falle muß aber der Lagerkasten einen weit größern Durchmesser haben, als der Zapfen. Nur die Spurplatte wirkt alsdann und dient zum Tragen der Welle. Verrückungen der Welle werden alsdann durch zwei oder mehrere Lager verhindert, die an gewissen Puncten angebracht sind. Die in diesen Lagern vorhandenen Zapfen sind cylindrische Theile ohne Hälse, die sich in ihren Futtern heben oder senken können. Diese Einrichtung ist, wie wir aus der Erfahrung beweisen können, eine sehr zweckmäßige, bei welcher die häufigen Reparaturen durchaus vermieden werden.

Muffen.

Die Muffen sind Verbindungsstücke, welche zur Kuppelung zweier Wellen dienen, von denen die eine in der Verlängerung der andern liegt. Man unterscheidet zwei Arten von Muffen: feste, und solche zum Ausrücken der Kuppelung.

Die ersteren werden zur Kuppelung zweier Wellen angewendet, welche sich stets miteinander drehen;

die zweiten dagegen bei Wellen, deren Kuppelung unterbrochen wird.

1) Feste Muffen. Man unterscheidet zwei Arten von festen Muffen: solche, die aus einem Stück, und solche, die aus zwei Stücken bestehen. Die ersteren bestehen aus einem Ringe, der entweder rund und mit einem Schlüssel versehen ist (Fig. 69, 70), oder quadratisch (Fig. 71, 72), je nach dem Querschnitt der Welle an der Kuppelung.

Man keilt die Muffen nicht fest; um es aber zu vermeiden, daß sie aus ihrer Lage kommen, versieht man sie mit einer Schraube, welche, indem sie bei einem runden Muff zwischen die beiden Schlüssel tritt, oder bei einem quadratischen Muff eine Clavette festhält, bewirkt, daß die Lage des Muffs unveränderlich ist.

Die zweiten bestehen aus zwei halben Muffen, welche durch Schraubenbolzen miteinander verbunden sind (Fig. 73, 74, 75 und 76); sie sind nicht so zweckmäßig, als die vorhergehenden, indem sich die Schraubenbolzen nach und nach losziehen; man wendet sie daher nur dann an, wenn es durchaus nothwendig ist, d. h., wenn sie sich zwischen zwei sehr nahestehenden Zapfenlagern befinden und durch eine Verschiebung nach der einen, oder nach der andern Seite, nicht ausgerückt werden können.

Muffen dieser Art erfordern, um in ihrer Stellung zu bleiben, keine Schraube, wie die vorhergehenden. Da sie sich, wie die Pfannen, in zwei Theilen wegnehmen lassen, so ist es hinreichend, die Wellen auf jeder Seite mit einem Halse zu versehen, um sie auf ihrem Platze zu erhalten.

2) Muffen zum Ausrücken, oder lösbare Kuppelung. Sie bestehen stets aus zwei Theilen (Fig. 77, 78, 79, 80, 81), von denen der eine A auf einer von den beiden Wellen festsitzt, der

andere **B** aber auf der andern Welle, parallel mit deren Achse, mittelst einer sogenannten Rückgabel, so wie sie in der Figur abgebildet, beweglich ist. Beide Theile des Muffs sind mit einer Verzahnung versehen, welche, wenn sie ineinander eingreifen, die Veranlassung sind, daß sich beide Theile der Welle miteinander drehen.

Man hat zweierlei Arten, diese Ausrückzähne einzurichten, je nachdem sich die gekuppelte Welle nur nach einer oder nach zwei verschiedenen Richtungen dreht.

In dem erstern Falle wendet man die in Figur 77, Taf. **X**, dargestellte Verzahnung an, in dem andern Falle aber muß man die in Fig. 8, Taf. **VI**, dargestellte Einrichtung anwenden.

Mag man nun die Ausrückungen einrichten, wie man will, so darf man die Ausrückung doch nie während des Betriebes einer Maschine vornehmen, wenn man Beschädigungen derselben vermeiden will; höchstens darf es nur dann geschehen, wenn die Betriebsgeschwindigkeit eine sehr geringe ist.

Allgemeine Stücke zur Verwandlung der Bewegung.

Stangen.

Die Stangen sind im Allgemeinen cylindrische Stücke von Schmiedeeisen, die entweder bestimmt sind, die Bewegung eines Dampfkolbens mitzutheilen, oder aber die einen Pumpenkolben in Bewegung setzen. Zu dem Ende laufen sie stets in zwei Köpfen aus (Taf. **XI**, Fig. 1), von denen der untere conisch ist und in eine Hülse des Kolbens tritt, der andere aber cylindrisch und in eine gewöhnliche Hülse gesteckt wird.

Entweder sind die Stangen nur einer zerreißenden, oder einer zerreißenden und drückenden Kraft ausgesetzt. Im zweiten Falle müssen sie einen weit stärkern Durchmesser haben, als im erstern. Zur Berechnung ihres Durchmessers hat Tredgold eine Formel aufgestellt, welche sich auf die Stücke bezieht, die einer Zerdrückung ausgesetzt sind,

$$P = \frac{m\,a\,b^3}{n\,b^2 + k\,l^2},$$

welche, in französischen Maßen ausgedrückt, für das Eisen wird:

$$P = \frac{267\,d^4}{1{,}24\,d^2 + 0{,}00034\,l^2},$$

wobei **P** die wirkliche Belastung in Kilogrammen, **d** der Durchmesser und **l** die Länge der Stange, letztere beide in Centimetern ausgedrückt.

Außerdem hat man durch die Erfahrung gefunden, daß die Kolbenstange des Dampfcylinders einer Niederdruckmaschine gleich $\frac{1}{10}$ von dem Durchmesser dieses Kolbens sein muß. Vergleichen wir die Tredgold'sche Formel mit diesem Resultate, so finden wir, daß, wenn $0{,}785\,D^2$ die Oberfläche des Kolbens einer Niederdruckmaschine in Quadratcentimetern, und d der Durchmesser der Stange ist,

der Druck des Dampfes auf die Oberfläche $1{,}032$ Kil. $\times\ 0{,}785\,D^2$.

Die Länge einer Kolbenstange für eine Niederdruckmaschine ist gleich dem Dreifachen von dem Durchmesser dieses Kolbens, daher $3\,D$.

Man hat nach der obigen Formel:

$$0{,}811\,D^2 = \frac{267\,d^4}{1{,}24\,d^2 + 0{,}000{,}34 \times 9\,D^2}.$$

Wenn die Formel in Uebereinstimmung mit dem

practischen Resultate steht, so muß der Werth $d = \frac{1}{10} D$, der in die Gleichung substituirt ist, ihm entsprechen; nimmt man nun für $d = \frac{1}{10} D$:

$$0{,}811\, D^2 = \frac{0{,}0267\, D^4}{0{,}0124\, D^2 + 0{,}00306\, D^2},$$

dividirt man oben und unten D^2, so erhält man:

$$0{,}88\, D^2 = \frac{0{,}00267\, D^2}{0{,}0124 + 0{,}00306} = 1{,}7\, D^2$$

oder $0{,}811 = 1{,}7.$

Wir deduciren daraus, daß der Werth, welchen im Allgemeinen der Durchmesser d von der Kolbenstange einer Niederdruckmaschine beansprucht, größer als der ist, welcher die Tredgold'sche Formel angibt. Dieses rührt daher, daß die Kolbenstange beweglich ist, während die Formel für feste Stücke gilt.

Wenn die Stangen nur dem Zerreißen zu widerstehen haben, so berechnet man ihren Durchschnitt mittelst der Formel:

$$S = \frac{3\, P}{4300} = \frac{P}{1433}.$$

In derselben stellt S den Durchschnitt in Quadratcentimetern dar, P die zu tragende Last, welche im Durchschnitt 4300 auf das Quadratcentimeter beträgt, wobei der Bruch erfolgt; ersetzt man nun S durch $0{,}785\, d^2$, so findet man:

$$d^2 = \frac{P}{1433 \times 0{,}785} = \frac{P}{1112{,}5}$$

und $d = \frac{\sqrt{P}}{33}$ in Centimetern.

Besteht die Stange aus Bronze, so muß man in der Formel die Zahl 4300 ersetzen durch 2550

Wäre die Stange aus Cementstahl angefertigt, durch 2790

Bestände sie aus grauem Gußeisen, durch 1420

Leitungen.

Die Leitungen sind Apparate, deren Zweck es ist, die Längenbewegung einer Stange geradlinig zu erhalten.

Man unterscheidet verschiedene Arten von Leitungen, je nach der Wichtigkeit der Stange, welche man auf der Linie ihrer Bewegung erhalten muß.

Für Schieberstangen wendet man die in der Figur 2, Taf. XI, dargestellte Leitung an. Sie besteht aus Rothguß und hat eine Oeffnung, welche genau gleich dem Durchmesser der zu leitenden Stange ist.

Bei Ventilstangen besteht der Apparat aus Gußeisen und ist mit einem kleinen Muff von Rothguß versehen, in welchem sich die Stange bewegt, und die leicht ersetzt werden kann (Fig. 3).

Für Dampfkolbenstangen ist die Form der Leitungen einzig und allein nach der Einrichtung und nach der Kraft der Maschinen verschieden.

Bei horizontalen Maschinen unter 10 Pferdekräften wendet man ein gewöhnliches Zapfenlager mit zwei Futtern an (Fig. 4 und 5).

Bei 10 Pferden und darüber gebraucht man zwei parallele Stangen und eine Querstange (Figur 6 u. 7).

Bei den Locomotiven bedient man sich mit Vortheil der Schlitten (Fig. 8, 9, 10 und 11).

Bei den Maschinen mit senkrechtem Cylinder, ohne Balancier, wendet man eine oder zwei Frictions-

rollen an (Fig. 12 und 13), welche sich in Falzen bewegen. Zuweilen gibt man den Schlitten den Vorzug vor den Frictionsrollen, weil die Einwirkung dieser letztern auf die Backen der Falzen dieselbe ist, wie die der Schlitten, wenn sie nicht einen hinlänglichen Spielraum haben, so daß die Berührung nur von einer Seite stattfinden kann.

Man wendet auch das einfache Watt'sche Parallelogramm (Fig. 14) an.

Bei Maschinen mit Balancier benutzt man das doppelte Watt'sche Parallelogramm (Fig. 15, 16 u. 17), oder das von Olivier Evans (Fig. 18).

Das erstere, welches am Meisten angewendet wird, gibt der Stange keine ganz genaue gerade Richtung, sondern es macht an seinem Ende eine Curve (Fig. 19), welche sich in der Praxis der geraden Linie so nähert, daß die Differenz unmerklich ist.

Das Evans'sche Parallelogramm leitet die Stangen in einer vollkommen geraden Linie, allein es erfordert, daß die Hauptachse des Balanciers, außer einer in sich selbst wiederkehrenden Kreisbewegung, auch eine horizontale wiederkehreude geradlinige Bewegung machen muß. Man muß alsdann diese Achse auf einem beweglichen Support anbringen, welches der Festigkeit der Maschine schadet, indem es sie unnütz complicirt. Es wird daher dieses Parallelogramm nur sehr wenig angewendet.

Das Watt'sche Parallelogramm. Diese Leitung ist auf das folgende Princip basirt, nämlich: es seien **A C** und **B D** (Fig. 20) zwei gleiche und einander parallele gerade Linien, von denen sich eine jede um einen von den beiden festen Puncten **A** und **B** drehen können, welche an den entgegengesetzten Scheiteln des Parallelogramms **A C B D** befindlich sind, welches letztere man erhält, wenn man **A D** und

BC verbindet. Man verzeichne ferner die Diagonalen AB und CD dieses Parallelogramms, von denen die eine AB imaginär, die andere aber wirklich vorhanden und durch ein Gelenk in den Puncten C und D mit den Stangen AC und BD verbunden ist.

Es sei nun die Curve, welche der Punct E am Durchschnitt der Diagonalen AB und CD, während der Bewegung der beiden Stangen AC und BD, beschreibt, welcher sie wolle: so beschreibt jeder Punct, wie F, der auf AB liegt, und den entgegengesetzten Scheitel von C oder D eines andern Parallelogramms, dessen anliegende Seiten DC und FH sind, bildet, eine ähnliche Curve, wie die von dem Punct E beschriebene. Um diesen Grundsatz zu beweisen, ist es hinreichend, den Beweis zu führen, daß, wenn F der entgegengesetzte Scheitel von D ist:

1) die drei Puncte F, E und B während der Bewegung auf einer geraden Linie bleiben;

2) die Dreiecke, welche durch die successiven Lagen der Linie FEB gebildet werden, ähnlich sind.

Der erste Beweis wird geführt, indem man bemerkt, daß bei jedweder Lage des Punctes F, wenn man durch denselben und den Punct B eine gerade Linie führt, diese gerade Linie stets durch den Punct E geht; denn da GF und DC parallel sind, so hat man:

$$BG : BD = GF : DE.$$

In jeder andern Lage würde man haben:

$$BG : BD = GF : x.$$

Diese unbekannte Größe kann keine andere als DE sein, indem die drei andern Glieder des Verhältnisses nicht verändert worden sind.

Der Beweis des zweiten Satzes ist eine Folgerung aus dem des ersten. Es sei wirklich die Lage

des Punctes F, welche sie wolle, so ist FGB stets ein ähnliches Dreieck von DEB, daher:

$$\frac{GB}{DB} = \frac{FB}{EB} = \frac{F'B}{E'B} = \frac{F''B}{E''B'} \text{ ꝛc.}$$

Da die Seiten der aufeinanderfolgenden Dreiecke proportional sind, so sind die Dreiecke selbst ähnlich, und man hat:

$$\frac{FF'}{EE'} = \frac{F'F''}{E'E''} = \frac{F''F'''}{E''E'''} \text{ ꝛc.}$$

Wenn F entgegengesetzt von C ist, so bleibt der Beweis derselbe; nur ist die von dem Punct F beschriebene Curve, statt größer, kleiner, als die von dem Puncte E beschriebene.

Im erstern Falle erhält man:

$$F'F'' : E'E'' = FB : EB.$$

Im zweiten Falle:

$$F' : F'' : E'E'' = FA : EA.$$

In der Praris ist es gebräuchlich, DG = DB = AC zu machen, in welchem Falle der Punct F in den Punct A fällt, wenn die Hebel AC und CD horizontal sind (Fig. 15).

Das Watt'sche Parallelogramm besteht aus 5 Haupttheilen, nämlich:

Aus zwei Hängeschienen A für die Kolbenstange, aus zwei Hängeschienen für die Luftpumpe B, aus zwei Verbindungsstangen C, aus zwei Gegenlenkern D und aus einer Lunette E.

Die Kolbenstangen-Hängeschienen werden nach denselben Principien construirt, als die Lenkerenden. Sie unterscheiden sich von denselben nur durch ihre Dimension, allein die hauptsächlichsten Formen und Stärken sind dieselben. Zwischen den beiden mittlern

Futtern befindet sich eine, entweder aus Gußeisen oder aus Rothguß bestehende Füllung, je nachdem dies der Maschinenbauer für zweckmäßiger hält.

Die Hängeschienen, an denen die Luftpumpe aufgehängt ist, unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, daß sie drei Achsen haben, von denen die eine, die der Lunette, keiner Futter bedarf. Zu dem Ende haben sie dieselbe Form, als die vorhergehenden, nur umgekehrt, und der Kopf ist mit einer hebelförmigen Verlängerung versehen, welche die Luftpumpenachse in einem runden, am Ende befindlichen Kopfe aufnimmt.

Die Verbindungsstangen sind kleine Lenkstangen mit geschlossenen Köpfen (Taf. III, Fig. 3 und 4). Sie sind einerseits mit den Enden der Hängeschienen, andererseits mit den Querachsen verbunden.

Die Gegenlenker sind Stangen, die einerseits in einen Absatz und in ein Schraubengewinde auslaufen, wodurch sie mit der Lunette verbunden werden (Fig. 15 u. 16); andererseits in einen starken, geschlossenen Kopf (Fig. 17), der mit der Querstange der Kolbenstange verbunden ist (Fig. 17).

Die Lunette (Fig. 16) ist eine Querstange, in deren Mitte eine ringförmige Oeffnung befindlich ist, durch welche die Luftpumpenstange geht, woher auch die Benennung.

Parallelogramm von Olivier Evans. Diese Leitung ist auf das folgende Princip basirt. Es sei **AB** (Fig. 21) eine gerade Linie, auf welche wir einen Bogen schlagen. Denken wir uns nun eine Stange **B′D**, deren Länge gleich **AB** ist, die sich um ihr Ende **B** wie um einen Mittelpunct drehen, und deren Ende sich horizontal auf der Linie **AB** bewegen kann.

Denken wir uns auch eine Stange A C′, deren Länge gleich der Hälfte von A B, die sich um einen festen Punct A drehen kann, und mittelst eines Gelenks mit der Mitte C von B′ D verbunden ist; verbinden wir auch A D.

Sei nun die Lage des Punctes C′ auf dem Kreisbogen C C′ welcher er wolle, so ist der Winkel D A B′ stets ein rechter.

Wirklich gehören die drei Puncte D, A, B′, die in gleicher Entfernung von dem Puncte C′ liegen, einem Kreisbogen an, der aus dem Mittelpuncte C′ mit dem Halbmesser C′ B′ beschrieben worden ist. Da die beiden Puncte B′ und D die Enden eines und desselben Durchmessers sind, so ist der eingeschriebene Winkel D A B′ ein rechter.

Da der Punct D fortwährend auf der Senkrechten A D liegt, welche auf A B errichtet worden ist, so bewegt er sich in gerader Linie.

Das Evans'sche Parallelogramm (Fig. 18) besteht nur aus zwei Leitstangen A, deren eines Ende a mit einem Zapfen verbunden ist, der seinerseits an einem Balken befestigt ist, welcher entweder aus einem horizontalen Stücke besteht, welches in die Mauern des Maschinengebäudes eingelassen ist, oder aus einem senkrechten Stücke D, welches durch eine Strebe D′, die mit ihm ein Dreieck bildet, in seiner Stellung erhalten wird. Das andere Ende a′ ist mit der Mitte des Balanciers B verbunden, dessen Länge von seinem Schwingungspuncte b bis zum Ende doppelt so lang ist, wie die Leitung A. Wenn aber die Construction des Parallelogramms einfach, so ist es nicht dasselbe mit dem Balancierlager, welches der Achse b eine wiederkehrende Bewegung gestatten muß.

Wenn die Verbindungspuncte der Leitstange A horizontale Stücke sind, so wendet man mit Vortheil

zwei Schlitten an, welche sich in Falzen an den genannten Stücken bewegen; sind aber die Stützpuncte senkrecht, so muß man andere Mittel anwenden. Da in diesem Falle die wiederkehrend geradlinige Bewegung des Punctes b sehr gering ist, so ersetzt man die Schlitten und Falze durch zwei Lager, die an den Enden der Gabel des Lenkers C angebracht sind, welcher um eine Achse c am untern Ende schwankt, eine Einrichtung, welche bei Maschinen, deren Kraft die von 12 Pferden nicht übersteigt, zulässig ist. Uebrigens wird das Parallelogramm jetzt nur sehr wenig angewendet.

Andererseits kann das Evans'sche Parallelogramm nur zur senkrechten Leitung der Dampfkolbenstange T angewendet werden, wogegen die andern Stangen, wie t, t', t'', Curven beschreiben, welche zwar von der geraden Linie wenig entfernt, dennoch aber bedeutend genug sind, um die Anwendung von Hülsen mit Gelenken an den untern Verbindungspuncten zu erfordern. Um sich von dieser Thatsache zu überzeugen, ist es hinreichend, einen Blick auf Figur 21 zu werfen.

Hebel.

Wir begreifen unter der allgemeinen Benennung Hebel verschiedene Stücke, welche aus einer Nabe bestehen, von welcher ein oder mehrere Arme auslaufen, von denen jeder in einen Kopf endigt.

Die Hebel haben alle eine kreisförmige Bewegung um die Achse der Nabe, die entweder continuirlich oder wiederkehrend ist.

Haben sie nur einen einzigen Arm, so dienen sie zur Mittheilung der kreisförmigen Bewegung der mit der Nabe verbundenen Welle an ein anderes Stück, das mit dem Kopfe verbunden ist, oder umgekehrt.

Haben sie zwei oder mehrere Arme, so dienen sie zur Bewegungsmittheilung eines Stückes, welches mit einem der Köpfe verbunden ist, an ein oder mehrere andere Stücke, welche mit den andern Köpfen verbunden sind.

Es gibt daher zwei Arten von Hebeln, nämlich:

1) Diejenigen Hebel, bei denen der Widerstand der Welle von der Nabe hinreichend sein muß, um die Wirkung der Torsion zu überwinden, der sie unterworfen ist.

2) Hebel, bei denen der Widerstand der Welle hinreichend sein muß, um eine Last zu tragen, welche gleich der Mittelkraft von den verschiedenen Arten des Druckes ist, der auf die Köpfe ausgeübt wird.

Man unterscheidet im Maschinenwesen drei Arten von Hebeln, nämlich 1) gewöhnliche Hebel, 2) Balanciers, 3) Kurbeln.

1) Gewöhnliche Hebel.

Die gewöhnlichen Hebel haben im Allgemeinen nur einen oder mehrere Arme und gehören aus diesem Grunde entweder zu der ersten, oder zu der zweiten Art.

Die Balanciers haben stets wenigstens zwei Arme und gehören aus diesem Grunde stets zur zweiten Art.

Die Kurbeln haben stets nur einen Arm und gehören deshalb immer zur ersten Art.

Die gewöhnlichen Hebel (Taf. XI, Fig. 22 und 23) bestehen im Allgemeinen aus Schmiedeeisen. Sei die Anzahl ihrer Arme auch, welche sie wolle, so haben sie stets nur eine wiederkehrende kreisförmige Bewegung.

Wenn die Durchmesser der Nabenöffnungen und des Kopfes bekannt sind, so ist es leicht, die übrigen Dimensionen mittelst Figuren zu bestimmen.

Die relativen Werthe dieser Durchmesser werden durch das Calcül bestimmt und sind verschieden, je nachdem die Bewegungsmittheilung von einem Kopfe zum andern, oder von der Welle auf Köpfe erfolgt; mit andern Worten, je nachdem die Welle dem Druck oder der Torsion widerstehen muß. Da diese beiden Fälle, der eine sich auf den Balaneier, und der andere auf die Kurbel bezieht, so verweisen wir wegen der Bestimmung dieser relativen Werthe der innern Durchmesser der Nabe und des Hebelkopfes, je nachdem sie sich in den Maschinen verhalten, auf diese beiden Maschinenstücke.

2) Balanciers.

Die Balanciers (Taf. XI, Fig. 24, 25, 26, 27 und 28) bestehen im Allgemeinen aus Gußeisen. Sie haben entweder zwei oder drei Hebelarme, je nach der Art der Bewegungsmittheilung, bei welcher man sie anwendet.

Die zweiarmigen Balanciers bestehen entweder aus einem einzigen Stück, oder aus zwei Hälften. Die mit drei Armen versehenen bestehen gewöhnlich aus zwei Hälften, um die Anwendung der Gabeln bei der Verbindung mit den Lenkstangen zu vermeiden.

Balanciers, die aus einem Stücke gegossen worden sind. Diese Balanciers werden im Allgemeinen nur bei Maschinen unter 100 Pferdekräften angewendet; dies rührt daher, weil man in vielen Gießereien nicht hinlänglich große Oefen hat, um die Balanciers von dieser Größe aus einem Stücke zu gießen.

Man könnte glauben, daß die Frage des Transports bei der Anwendung von Balanciers aus zwei Hälften berücksichtigt werden müsse; allein es ist dies gar nicht der Fall, denn die Zusammensetzung der

beiden Hälften muß doch immer in der Hütte oder in der Maschinenfabrik vorgenommen werden. Es findet daher gar kein wesentlicher Grund statt, nicht alle Balanciers aus einem Stück anzufertigen.

Man unterscheidet bei den aus einem Stücke gegossenen Balanciers:

Balanciers mit flachen Köpfen;

Balanciers mit Kugeln.

Die Balanciers mit flachen oder platten Köpfen (Taf. XI, Fig. 28, 29, 30, 31) bestehen aus einer möglichst dünnen gußeisernen Platte, welche von Distanz zu Distanz mit Verstärkungen versehen ist, in denen die Oeffnungen für die Zapfen angebracht sind. Der äußere Umriß der Platte besteht aus zwei Parabeln, deren Brennpuncte dem Scheitel sehr nahe liegen, und die einander gegenüber auf der Mitte des Balanciers angebracht sind. Verstärkungsrippen von verschiedenen Formen verbinden die Erhöhungen miteinander und umgeben auch den ganzen Balancier, so daß sie ihm eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Querbrüche gewähren.

Die Balanciers mit Kugeln sind von dem vorhergehenden darin verschieden, daß die äußern Zapfen um eine Achse beweglich sind, welche ihrerseits die Enden des Balanciers bildet (Taf. XI, Fig. 24, 25, 26, 27).

Diese Einrichtung hat den Zweck, den Bruch von einem der Verbindungsstücke zu vermeiden, wenn die Bewegungsebene des Balanciers nicht gänzlich mit derjenigen der Stangen oder Lenker, die mit ihm verbunden sind, übereinstimmt.

Es gibt verschiedene Arten der Verbindung der äußersten Zapfen mit den Kugel-Balanciers; bei allen bilden sie die Vorsprünge von einem Muff, mit dem sie aus einem Stücke geschmiedet worden sind.

In den Figg. 24, 25, 26, 27 (Taf. XI) wird der Muff durch einen Ring und durch einen eisernen Bolzen an seinem Platz erhalten.

Die Figg. 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 (Tafel XI) zeigen die einzelnen Theile von der Schraube zur Befestigung.

Bei der Fig. 39 ist diese Befestigung durch einen Schließkeil bewirkt.

Die Figg. 40, 41, 42 u. 43 stellen eine sogenannte Bayonettbefestigung dar.

Endlich die Figg. 44, 45, 46 u. 47 stellen ein Balancierende mit beweglicher Achse und mit Schließkeilen dar.

Von allen diesen Einrichtungen sind die in den Figg. 24, 25, 26, 27, und nach diesen die der Figur 39, unseres Erachtens, die zweckmäßigsten und wohlfeilsten.

Balanciers, die aus zwei Hälften zusammengesetzt sind. Diese Balanciers (Fig. 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55) haben alle flache Köpfe. Die Achsen bestehen entweder aus einem oder zwei Zapfen, je nachdem die Verbindung mit einem Lenker oder einem Parallelogramme stattfindet. Die beiden Theile des Balanciers sind untereinander mittelst quadratischer Bolzen mit zwei Schraubenmuttern und mit dazwischenliegenden Gußeisenstücken A verbunden. Da die Bolzenlöcher in den Balancierhälften rund und von gleichem Durchmesser, wie die mit Gewinden versehenen Theile sind, so folgt daraus, daß die eine von beiden Muttern sich losziehen und herabfallen kann, ohne daß dies bei der andern der Fall ist, und daß ein Gußeisenstück A herunter und auf den Kopf eines Menschen fallen kann.

Construction der Balanciers.

Es sei AB (Fig. 28) die Länge des Balanciers; CD seine Höhe in der Mitte. Aus der Mitte der Nabe E, mit EC als Halbmesser, beschreiben wir einen Halbkreis und theilen darauf AB durch die Senkrechten a, b, c, d, e in sechs gleiche Theile. Aus dem Mittelpuncte g des Kopfes am Ende des Balanciers nehmen wir gf = 1,2, indem der Durchmesser des äußersten Zapfens = 1 genommen worden ist, und durch den Punct f ziehen wir ff' parallel mit AB; darauf theilen wir f' D in sechs gleiche Theile und erhalten die Theilungspuncte a', b', c', d,' e'. Durch diese Puncte führen wir die Parallelen aa', bb', cc', dd', ee', ff', und verbinden die Durchschnittspuncte der Parallelen mit den geraden Linien a, b, c, d, e durch gerade Linien, wodurch die Curve f a b c d e D entsteht. Dasselbe Verfahren wenden wir unten und auf der andern Seite an.

Berechnung eines Balanciers.

Der Balancier hat eine wiederkehrend kreisförmige Bewegung.

In seiner Mitte ruht er auf einer Achse auf.

Bei den Dampfmaschinen erlangt er seine Bewegung von der Kolbenstange durch eine andere Achse, die an einem der Enden liegt, und theilt die Bewegung dem Lenker durch eine dritte Achse mit, welche an dem andern Ende befindlich ist.

Außerdem sind an zwei Vierteln seiner Länge noch zwei Achsen angebracht, von denen die eine die Luftpumpe und die andere die Speisepumpe in Bewegung setzt.

Seine Länge ist gleich dem dreifachen Kolbenlaufe, daher gleich dem sechsfachen Cylinder-Durch-

Wir deduciren daraus, daß unter d = 21,5 Cent. die durch die Formel (2) gegebenen Werthe von δ weit stärker sind, als die durch die Formel (3) gegebenen.

Wir bemerken hierüber, daß:

1) die Formel (2) practisch ist und hauptsächlich für kleine Durchmesser paßt, indem sie die schadhaften Stellen des Metalles berücksichtigt, welche in diesem Falle weit nachtheiliger sind, als bei starken Durchmessern; daß aber die Dimensionen, welche sie für diese Durchmesser gibt, zu stark sind, wie die Erfahrung es beweis't.

2) Daß, wenn man in der Formel (2) den Coëfficienten 2,6 durch 2,00 ersetzt, die alsdann erlangten Resultate mit dem übereinstimmen, welche die Erfahrung als zweckmäßig anerkannt hat.

3) Daß die Formel (2), wenn sie für starke Durchmesser angewendet wird, Werthe für δ gibt, die unter denen der Formel (3) sind, die theoretisch ist und bei gleichen Durchschnitten gleiche Belastung gestattet.

Aus diesen Gründen schlagen wir die Annahme der folgenden Formel vor:

$$\delta = 2\, d^{\frac{2}{3}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4),$$

jedoch nur, wenn es sich von den äußersten Zapfendurchmessern des Balanciers handelt, bis zu dem Werthe von d, für welchen die beiden Formeln (3) wir und (4) einen gleichen Werth für δ geben, und den finden, wenn wir, wie weiter oben, setzen:

$$2\, d^{3} = d.$$

Ersetzt man den Coëfficienten 0,935 der Formel 3 durch 1, so folgern wir d = 8 Centimeter.

Man würde demnach haben, wenn $d < 8$ Centimeter,

$$\delta = 2\, d^{\frac{2}{3}},$$

und wenn $d > 8$ Centimeter $\delta = d.$

Man leitet daraus die folgende Tabelle ab, wenn man dahin sieht, die Zahlen, welche nicht in der Reihe der angenommenen Durchmesser sind, durch diejenigen von den letztern zu ersetzen, die ihnen am Nächsten stehen.

Tabelle über die Durchmesser der Zapfen an den Enden der Balanciers unter 8 Centimeter.

Durchmesser der Cylinder ohne Expansion und mit Condensation. D.	Durchmesser der Kolbenstangen. d.	Durchmesser der Zapfen am Ende δ.
Meter.	Millimeter.	Millimeter.
0,05	5	12 für 13,6
0,10	10	20 — 20,0
0,15	15	25 — 26,2
0,20	20	30 — 31,8
0,25	25	35 — 36,8
0,30	30	40 — 41,6
0,35	35	45 — 46,1
0,40	40	50 — 50,4
0,45	45	55 — 54,6
0,50	50	60 — 58,5
0,55	55	60 — 62,4
0,60	60	65 — 66,0
0,65	65	70 — 69,6
0,70	70	75 — 73,2
0,75	75	75 — 76,6
0,80	80	80 — 80,0

Durchmesser der mittlern Zapfen. Was nun den Durchmesser der Zapfen betrifft, um welche sich der Balancier dreht, so besteht die Belastung aus:

1) Der Belastung auf der Achse des Dampfcylinders.

2) Aus der Belastung auf der Achse des Lenkers.

3) Aus der Belastung auf die Pumpenachsen.

4) Aus dem Gewichte des Balanciers.

Die beiden ersten Belastungen sind eine jede gleich der Belastung, welche von dem Dampfkolben getragen wird. Schätzt man nun dieselbe Belastung gleich den beiden letztern Belastungen des Balanciers, so folgt daraus, daß die mittlere Achse mit einer Belastung beschwert ist, welche gleich der dreifachen Belastung der Zapfen am Ende ist. Man erhält alsdann die Formeln:

1) Zapfen am Ende, von Schmiedeeisen:

$$\delta = 3{,}2 \left(\frac{9}{14}\, Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

2) Zapfen in der Mitte, von Schmiedeeisen:

$$\delta' = 3{,}2 \left(\frac{9}{14}\, 3\, Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

daher: $\frac{\delta}{\delta'} = \sqrt[3]{\frac{\frac{9}{14}}{\frac{27}{14}}} = \sqrt[3]{\frac{9}{27}} = \frac{1}{\sqrt[3]{3}}$

Und: $\delta' = 1{,}441\ \delta$

Und in runden Zahlen: $\delta' = 1{,}4\ \delta$ . . (6)

Zapfen für die Pumpen. Was nun die Zapfen für die Pumpen anbetrifft, so ist es gebräuchlich, ihren Durchmesser halb so stark zu machen, als den der großen Zapfen. Man hat demnach:

$$\delta'' = 0{,}5\ \delta' = 0{,}7\ \delta \quad . \ . \ . \ . \quad (5)$$

Bemerkung. In der Figur haben wir den Durchmesser δ' durch $\frac{4}{3}$ und den Durchmesser δ'' durch $\frac{2}{3}$ dargestellt. Obgleich diese letztern Dimensionen geringer, als die durch die Formeln gefundenen sind,

so sind sie doch zweckmäßig für Maschinen über 50 Pferdekräfte.

Dimensionen des Balanciers. Die Dimensionen der übrigen Theile des Balanciers lassen sich auf die folgende Weise bestimmen:

Breite und Dicke. Für das Maximum der Dicke und der Breite des Balanciers hat man die Formel:

$$5\,Pl = \frac{R a b^2}{6}$$

Worin: $5P = 5 \times 82{,}5\,d^2$ [Gleichung (1)]
$l = 3\,D = 30\,d$
$R = 2800$, für Gußeisen.
$a = 0{,}5\,d$, willkürliche Dicke, durch die Erfahrung bestimmt.
b = unbekannte Breite.

Man leitet daraus ab:

$$1)\quad 5 \times 82{,}5\,d^2\,30\,d = \frac{2800 \times 0{,}5\,d \times b^2}{6}$$

$$2)\quad b^2 = \frac{900 \times 82{,}5\,d^2}{2800 \times 0{,}5}$$

$$3)\quad b = 7{,}27\,d = \frac{7{,}27\,l}{30} = \tfrac{1}{8}\,2\,l \quad . \quad . \quad (7)$$

Das heißt, $\frac{1}{8}$ der Länge.

Die drei Dimensionen des Balanciers in Functionen von D und d ausgedrückt, sind demnach:

Dimensionen.	In Functionen des Cylinderdurchmessers D.	In Functionen des Kolbenstangendurchmessers. d.
Länge	6,00	60,0
Breite	0,75	7,5
Dicke	0,05	0,5

Naben der Achsen. Der innere Durchmesser der Naben, welcher auch der der Achsen ist, beträgt das Ein-, Zweifache von dem Zapfendurchmesser dieser Achsen oder Wellen. Die Stärke des Gußeisens ringsherum ist gleich dem Durchmesser des Zapfens; der äußere Durchmesser ist demnach gleich dem: $1{,}2 + 1 + 1 = 3{,}2$ fachen von dem Zapfendurchmesser ihrer Welle.

Die Stärke der Naben ist wenigstens gleich dem zweifachen Durchmesser des entsprechenden Zapfens; da es erforderlich ist, daß die Naben der Pumpenachsen über den Verstärkungsrippen hervortreten, so gibt man diesen letztern dieselbe Stärke, als den äußersten Naben; übrigens sind die wichtigsten Angaben in der nachstehenden Tabelle zusamengefaßt.

Stärke der Achsen.

Der Achsen am Ende.	Der Pumpenachsen.	Der Achse in der Mitte.
2,4 d oder δ	2,4 d oder δ	$2\,\delta'$.

Verstärkungsrippen. Die ganze Dicke der Verstärkungsrippen, senkrecht auf der Oberfläche des Balanciers, darf 2 d nicht übersteigen, wobei die Stärke dieses letztern noch mit inbegriffen ist. In der Fig. 62 ist sie gleich $1{,}5\,\delta$, welches 1,8 d entspricht für den Fall, in welchem $\delta = 1{,}2\,d$.

3) Kurbeln.

Die Kurbeln oder Krummzapfen bestehen entweder aus Guß- oder Schmiedeeisen. Bei den Dampfmaschinen üben sie auf die Welle, mit der sie verbunden sind, eine Wirkung der Torsion aus, welche sie von der Lenkstange mittelst eines Stücks erhalten, welches man die Warze nennt, die einen

größern oder geringern Durchmesser um die Drehungsachse beschreibt.

Nach der Erklärung der Wirkungsweise des Krummzapfens sieht man, daß die Ebene der Bewegung der Warze senkrecht auf der Achse stehen muß. Zu dem Ende besteht ein Krummzapfen oder eine Kurbel (Taf. **XI**, Fig. 63, 64, 65, 66, 67) aus einer guß= oder schmiedeeisernen Platte A, dem Arme, welcher einerseits in die Nabe **B** ausläuft, welche mit der Welle verbunden, und andererseits in einem Kopfe C, welcher die stets aus Schmiedeeisen bestehende Welle aufnimmt.

Die Figg. 63 u. 64 stellen eine schmiedeeiserne Kurbel dar; die Figg. 65 u. 66 eine gußeiserne, beide für eine und dieselbe Welle und von proportionalen Dimensionen.

Die Fig. 67 stellt eine Krummzapfenwarze, ebenfalls von verhältnißmäßigen Dimensionen, vor. Sie besteht aus Schmiedeeisen, wogegen Arm und Lenker aus Gußeisen bestehen.

Die schmiedeeisernen Kurbeln gewähren gegen die gußeisernen den Vorzug, weniger Platz einzunehmen und durch Stöße nicht so leicht zu zerbrechen; allein sie sind weit kostbarer.

Wenn bei der Aufstellung einer Maschine auch noch so große Sorgfalt angewendet wird, um die Achse der Triebwelle senkrecht auf ie Bewegungsebene der Maschine zu stellen, so ist es doch selten, daß nicht eine geringe Abweichung stattfindet, entweder, weil bei der Aufstellung Irrthümer vorgefallen sind, oder, weil sich neues Mauerwerk stets nach Verlauf einiger Zeit setzt.

Es folgt daraus, daß mehrere Maschinenbauer den Warzen ihrer Krummzapfen, statt der cylindrischen, wie wir es angegeben haben, eine kugelförmige oder etwas ovale Gestalt geben.

Ohne uns bestimmt gegen diese Einrichtungen auszusprechen, welche eine Schwächung der Warze zur Folge haben können, wenn man ihnen nicht eine verhältnißmäßige Stärke gibt, geben wir der cylindrischen Warze aus dem folgenden Grunde den Vorzug.

Wenn die Welle im Verhältnisse zu der Bewegungsebene schief steht, so hat dies nicht allein auf die Kurbelwarze einen Einfluß, sondern auch auf die Gabel der Lenkstange und auf die Balancierzapfen. Wenn die Warze aus der Bewegungsebene herausgeht, so neigt sich die Lenkstange, wenn die Kurbel senkrecht steht, auf diese Ebene, und die Gabel zieht auf der einen Seite an den äußersten Zapfen des Balanciers und stößt auf der andern dagegen. Wenn aber die Warze aus der Bewegungsebene herausgeht und wenn die Kurbel horizontal steht, so wirkt die Gabel der Lenkstange horizontal auf den Balancierzapfen, sowie sie in dem ersten Falle senkrecht gewirkt hatte.

Es ist daher nicht blos eine kugelförmige Warze erforderlich, um den Einfluß einer schiefen Stellung zu vermeiden, sondern auch eine gegliederte Lenkstange und ein Balancier mit Kugeln, alles Stücke, welche sehr kostbar sind.

Aus diesen verschiedenen Gründen ziehen wir es vor, daß diese Stücke ihre ursprüngliche Formen beibehalten, und daß die Zapfenlager der Triebwelle fest mit der Maschine verbunden sind, welches sehr leicht erreicht werden kann, wenn man das Ganze auf eine und dieselbe Sohlplatte aufstellt.

Die Länge der Kurbel ist gleich dem Durchmesser des Cylinders einer Maschine ohne Expansion, aber mit Condensation.

Dimensionen der Warze. Der Durch-

messer der Warze wird auf die folgende Weise bestimmt:

Die Belastung, welche sie zu tragen hat, ist die doppelte von der eines jeden Zapfens am Ende des Balanciers; man braucht demnach nur anzunehmen:

1) Balancierzapfen: $\delta = 3{,}2\left(\frac{9}{14}\ Q\right)^{\frac{1}{3}}$;

2) Kurbelwarze: $\delta''' = 3{,}2\left(\frac{18}{14}\ Q\right)^{\frac{1}{3}}$;

daher $\delta : \delta''' = 1 : 2\frac{1}{3}$;

und $\delta''' = \delta\sqrt[3]{2} = 1{,}26\,\delta$.

Der Werth von δ ist schon vorhin gegeben worden.

Was nun die Länge der Warze anbetrifft, so ist sie nach der Beschaffenheit des zu der Lenkstange angewendeten Metalles verschieden.

Wenn die Lenkstange aus Gußeisen besteht, so beträgt die Länge der Warze 1,5 δ''', wegen des Kopfes, der eine gewisse Kraft erfordert.

Wenn die Lenkstange aus Schmiedeeisen besteht, so ist die Warze, welche in ein Lenkerende mit gewöhnlichen Futtern tritt, nur 1,2 δ''' lang.

Um den Durchmesser der Nabenöffnung zu bestimmen, welche wenigstens gleich dem der Zapfen von dem Schwungrade sein muß, so bemerken wir, daß diese Welle der Torsion unterworfen ist, wogegen die Warze nur der Einwirkung einer zerreißenden Kraft in der Querrichtung unterworfen ist. Wir wollen die beiden Fälle einer schmiedeeisernen und einer gußeisernen Schwungradswelle untersuchen.

1) Innerer Durchmesser der Nabe für eine schmiedeeiserne Schwungradswelle.

Zur Bestimmung des Durchmessers von dem Wellzapfen dient die Formel von Robertson:

$$\triangle^3 = 2{,}3 \frac{A}{n} \times \frac{9}{14},$$

in welcher $\triangle$ den gesuchten Durchmesser bezeichnet, **A** die Größe der Wirkung, welche in der Minute in Kilogrammmetern mitgetheilt werden muß, und **n** die Anzahl von der Umdrehung der Welle in der Minute.

Wenn **R** der Kurbelhalbmesser ist und **Q** die Belastung auf die Warze, welche tangentiell auf die Peripherie zurückgeführt worden ist, so hat man: in der Minute mitgetheilte Arbeit $A = 2\pi R n Q$, wobei π das Verhältniß der Peripherie zum Durchmesser $= 3{,}1416$.

Zur Bestimmung des Warzendurchmessers hat man die Formel: $\delta''' = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$, in welcher **Q** die ganze Belastung auf die Warze ausdrückt.

Man deducirt daraus: $\delta'''^3 = 32{,}8 \frac{9}{14} Q$

und: $$Q = \frac{14 \delta'''^3}{32{,}8 \times 9}.$$

Anderntheils hat man $Q = \frac{A}{2\pi R n}$, denn **A**, die in der Minute fortgepflanzte Größe der Wirkung, ist gleich **Q**, multiplicirt mit dem durchlaufenen Wege $2\pi R n$ in derselben Zeit.

Man deducirt daraus: $\frac{14 \delta'''^3}{32{,}8 \times 9} = \frac{A}{2\pi R n}$

und $$A = \frac{2\pi R n \times 14 \delta'''^3}{32{,}8 \times 9}.$$

Ersetzt man A durch diesen Werth in dem Ausdruck:

$$\triangle^3 = 2{,}3 \frac{A}{n} \times \frac{9}{14}$$

so erhalten wir $\triangle^3 = 2{,}3 \frac{2\pi R \times 14 \delta'''^3}{32{,}8 \times 9} \times \frac{9}{14}$

$$= \frac{2{,}3 \times 2\pi R \delta'''^3}{32{,}8} = 0{,}44 R \delta'''^3$$

und $\triangle = 0{,}76\, \delta''' \sqrt[3]{R}$ . . . . (1)
eine Formel, in welcher D, δ''' und R in Centimetern ausgedrückt sind.

Läßt man die Anzahl der Umgänge n weg, so sieht man dadurch, daß das Verhältniß zwischen △ und δ''' gleich ist, sei auch die Geschwindigkeit, welche sie wolle.

2) Innerer Durchmesser der Nabe für eine gußeiserne Schwungradswelle. In diesem Falle verändert sich nur das △ in der Formel, welches wird:

$$\triangle = 2{,}3 \frac{A}{n};$$

weiter oben haben wir gefunden:

$$A = 2\pi R n Q,$$

alsdann $A = \frac{2\pi R n \times 14 \delta'''^3}{32{,}8 \times 9}$

alsdann wird $\triangle^3 = 2{,}3 \frac{2\pi R n \times 14 \delta'''^3}{32{,}8 \times 9}$

$$= 0{,}685 R \delta'''^3$$

woraus man ableitet: $\triangle = 0{,}88\, \delta''' \sqrt[3]{R}$ . . . (2)

Wenn wir die Formeln (1) und (2) auf einige besondere Fälle anwenden, so bilden wir die folgende

Tabelle, welche ebenfalls bei den gewöhnlichen Hebeln mit einem Kopf angewendet werden kann.

Tabelle über die innern Durchmesser der Naben und über die Kurbelwarzen für verschiedene Längen.

Halbmesser der Kurbel.	Durchmesser der Warze.	Innerer Durchmesser der Naben für Wellen.	
		Von Schmiedeeisen.	Von Gußeisen.
Centimeter.	Abgeleit. Zahlen.	Abgeleit. Zahlen.	Abgeleit. Zahlen.
5	1	1,30	1,50
10	1	1,80	1,79
15	1	1,90	2,17
20	1	2,10	2,38
25	1	2,22	2,57
30	1	2,36	2,74
35	1	2,50	2,87
40	1	2,60	3,02
45	1	2,70	3,13
50	1	2,80	3,25
55	1	2,90	3,35
60	1	3,00	3,45
65	1	3,05	3,54
70	1	3,14	3,63
75	1	3,21	3,72
80	1	3,30	3,80
85	1	3,35	3,87
90	1	3,40	3,95
95	1	3,47	4,01
100	1	3,54	4,08
110	1	3,65	4,20
120	1	3,75	4,35

Halbmesser der Kurbel.	Durchmesser der Warze.	Innerer Durchmesser der Naben für Wellen.	
		Von Schmiedeeisen.	Von Gußeisen.
Centimeter.	Abgeleit. Zahlen.	Abgeleit. Zahlen.	Abgeleit. Zahlen.
130	1	3,85	4,46
140	1	3,95	4,58
150	1	4,05	4,69
160	1	4,14	4,78
170	1	4,22	4,89
180	1	4,30	4,96
190	1	4,37	5,08
200	1	4,45	5,15

Die Breite und die Stärke des Krummzapfens können wie die des Balanciers berechnet werden; allein man gelangt auf diese Weise zu einem zu schwachen Resultat, indem die Kurbel Erschütterungen ausgesetzt ist, welche stets Brüche zu veranlassen suchen, und eine Vermehrung der Stärke erfordern, welche die Praxis allein angibt. Wir verweisen daher, wegen der Bestimmung dieser Dimensionen im Verhältnisse zu dem innern Durchmesser der Nabe, auf die Figuren.

Lenker, Lenkstangen, Kurbelstangen, Bleuel.

Die Lenker sind unbiegsame Stangen, deren Enden gewöhnlich eine verschiedenartige Bewegung haben, so daß ihr Körper eine schwingende Bewegung hat; sie sind daher sowohl den Einwirkungen des Zerreißens, als auch des Zerdrückens in der Längenrichtung unterworfen.

Die Lenker haben, je nach der Art der Maschine, bei denen sie angewendet werden, mehrere ver-

schiedenartige Formen, auch bestehen sie entweder aus Gußeisen, oder aus Schmiedeeisen.

Die gußeisernen Lenker wendet man jetzt fast nur bei feststehenden Balanciermaschinen an; in allen übrigen Fällen bestehen sie aus Schmiedeeisen.

Gußeiserne Lenker. Die gußeisernen Lenker (Taf. XI, Fig. 56, 57, 58) haben gewöhnlich eine Gabel; zuweilen wenn der Balancier aus zwei Hälften besteht, zieht man es vor, wenn die Sache möglich ist, ihm zwei Köpfe zu geben; jedoch ist dies selten der Fall.

Die Verbindung der Gabel mit den Zapfen am Ende des Balanciers erfolgt mittelst Futtern und Clavetten.

Der Körper des Lenkers hat, statt vollständig rund zu sein, wie bei den schmiedeeisernen Lenkstangen, den in Fig. 58 dargestellten Querschnitt. Vier Verstärkungsrippen nehmen von der Mitte bis zu den Enden parabolisch ab und haben den Zweck, das Schwanken zu vermeiden, welches nothwendig aus der schwingenden Bewegung dieses Stücks erfolgen würde, wenn es cylindrisch wäre und einen geringern Durchmesser hätte, obgleich es massiv ist.

Der Kopf des Lenkers besteht zuweilen aus einem Bügel mit Futtern; gewöhnlich ist er aber mit dem übrigen Theile des Lenkers aus einem Stücke gegossen. Er ist mit einer hinreichend großen Oeffnung versehen, so daß die Futter leicht hineingelegt und herausgenommen werden können; mit dem übrigen Theile des Lenkers ist der Kopf durch einen etwas conischen Theil, mit kreisförmigem oder ovalem Durchschnitt, wie man es will, verbunden. Es ist dieser Theil lang genug, so daß die Kurbel unter dem Ringe durchgehen kann, welcher den Anfang des Lenkerkörpers andeutet.

Da der Lenker oft Wirkungen der Torsion ausgesetzt ist, indem die Zapfenlager der Schwungradwelle häufig schlecht aufgestellt, oder aus ihrer gehörigen Lage gekommen sind, so construirte der geschickte Maschinenbauer Edwards zu Chaillot seine Lenkstange aus zwei Theilen, aus der Gabel und dem Körper, die durch einen eisernen Bolzen untereinander verbunden sind, welcher dem Körper gestattet, sich während der Bewegung der Maschine um sich selbst zu drehen (Fig. 59, 60, 61 u. 62).

Ohne uns bestimmt gegen diese kostbare Einrichtung auszusprechen, sind wir der Meinung, daß es zweckmäßiger sei, für die Festigkeit des Ganzen solche Einrichtungen zu treffen, daß die Wirkung der Torsion, welche die besprochene Construction heben soll, gar nicht zu fürchten ist, welches man dadurch erreicht, daß man dem System Einheit gibt, d. h., alle Stücken fest untereinander verbindet, wohin hauptsächlich gehört, daß man das Ganze an einer starken Sohlplatte anbringt.

Schmiedeeiserne Lenker. Dieselben haben entweder zwei Köpfe, oder einen Kopf und eine Gabel, wie die gußeisernen Lenker.

Die Gabel, welche noch von einigen Maschinenbauern angewendet wird, ohne daß dies besonders erforderlich ist, ist nicht allein sehr kostbar, sondern veranlaßt auch ein Zerbrechen des Lenkers, wenn sich derselbe am Anfange des Körpers biegt, welches leicht der Fall ist. Seit langer Zeit haben geschickte Maschinenbauer die Gabel in allen denjenigen Fällen aufgegeben, in denen sie nicht unersetzlich ist, und sie nur bei kleinen Maschinen beibehalten, bei denen die Kolbenstange durch ein Support, oder durch jeden andern Apparat geführt wird, welcher die Verbindung mit einem Lenkerkopf unmöglich macht.

Die schmiedeeisernen Lenkerköpfe haben entweder Bügel, Futter und Clavetten, wie wir weiter oben sahen, oder sie sind mit dem Körper aus einem Stücke geschmiedet und haben alsdann eine Oeffnung zur Aufnahme der Pfannen oder Futter, die auch in diesem Falle mit Clavetten befestigt werden.

Lange Zeit hindurch hat man den Lenkstangen der Locomotiven die in Fig. 1, Taf. **XII.** dargestellte Form gegeben. Diese Lenker waren dem großen Nachtheil unterworfen, an dem Punct **a** zu zerbrechen, so gering auch die Breite ist, auf welcher die Futter über die Kniee der Triebscheibe greifen. Die Herren Sharp und Roberts zu Manchester und nach ihnen alle übrigen Maschinenbauer haben statt dieser nachtheiligen Einrichtung, die in Fig. 2 dargestellte angenommen, welche durch die Erfahrung als sehr zweckmäßig erkannt worden ist. Seitdem ist man noch weiter gegangen; denn, wenn man auch nicht mehr den Bruch der Lenker zu befürchten hatte, so fielen doch hin und wieder die Clavetten heraus, so daß sich auch die übrigen Theile lösen und Unfälle veranlassen konnten. Um dies zu vermeiden, ersetzte man die geschlossenen Köpfe durch bewegliche Bügel; die Fig. 3 stellt einen Lenker dieser Art dar, der mit Pfannen mit Charnieren versehen ist, die mit der Hülse der Kolbenstange verbunden sind, welches jetzt in Folge einer eigenthümlichen Einrichtung der Schlitten, zwischen denen sich die Kolbenstange bewegt, nicht mehr geschieht. Die Figg. 4, 5 und 6 stellen mit den Details von dem einen Kopfe einen Locomotivenlenker dar, sowie er von Herrn Stephenson angewendet wird; die Bügel sind durch Schraubenmuttern geschlossen. Unsers Erachtens hat diese Einrichtung das Nachtheilige, die Köpfe zu vergrößern, ohne sie fester zu machen. Außerdem haben diese Lenker auch nicht

das angenehme Ansehen, als die gewöhnlichen mit Clavetten. Bei den Balanciermaschinen für Dampfböte besteht der Hauptlenker aus zwei Theilen, nämlich: aus einer Querstange mit zwei Köpfen, von deren jeder mit dem Ende des einen Balanciers und mit einem Körper verbunden ist, der eines Theils in einen gewöhnlichen Kopf mit Bügel, Pfannen und Clavetten ausläuft, der sich mit der Warze der Triebkurbel verbindet; andern Theils in einen cylindrischen Theil mit Absatz, der in eine Hülse in der Mitte der Querstange tritt (Fig. 7).

Diese Einrichtung haben wir stets für schlecht anerkannt, indem der Lenker einen Punct hat, wo er zerbrechen kann, nämlich den untern Theil des Körpers. Wir sind der Meinung, daß man diesen Nachtheil vermeiden könnte, wenn man die Enden des Balanciers mit einer und derselben Achse verbände, welche in ihrer Mitte durch einen gewöhnlichen Kopf vereinigt ist.

Verhältnißmäßige Dimensionen.

1) Gußeiserne Lenker. Die Figg. 56, 57, 58, Taf. XI, geben die verhältnißmäßigen Dimensionen, sowie sie uns am Zweckmäßigsten erschienen sind, wobei der Durchmesser der Dampfkolbenstange als 1 angenommen worden ist. Die Durchmesser von dem Zapfen der Gabel und des Kopfes sind, der erstere gleich 1,2 und der andere gleich 1,44 angenommen worden, Die Breite des Kopfes beträgt 1,5, 1,44 oder 2,16.

2) Schmiedeeiserne Lenker. Sowie wir schon oben, als wir von den Enden und Bügeln der Lenker redeten, bemerkten, sind die Durchmesser am Anfange des runden Theils höchstens gleich denen der Zapfen der Gabel. Der Durch-

messer in der Mitte ist am Schwierigsten zu bestimmen, weil er nothwendig nach der Länge des Stücks verschieden sein muß. Das beste Mittel zu seiner Bestimmung mit hinreichender Näherung besteht in der Annahme einer Neigung, wenngleich die erzeugende Curve der Körperoberfläche eines Lenkers eine Parabel und nicht zwei zur Achse geneigte gerade Linien sind.

Für Lenker von geringem Durchmesser kann die in der Mitte gemessene Neigung 5 Millimeter auf das Meter betragen, so daß der Durchmesser in der Mitte des Körpers etwa 1 Centimeter mehr beträgt, als an den Enden, wenn der Körper 2 Meter lang ist. Bei starken Durchmessern kann diese Neigung noch etwas erhöht werden.

Die Lenker sind von allen Maschinenstücken diejenigen, welche aus dem Gesichtspuncte der Eleganz und der Leichtigkeit am Meisten studirt werden müssen; es lassen sich daher für diese Stücke keine Regeln vorschreiben, wie es bei den übrigen der Fall ist. Die hier mitgetheilten proportionalen Dimensionen haben daher weit mehr den Zweck, dem Maschinenbauer eine Anleitung bei der Auswahl derjenigen zu geben, die er wählen soll, als sie auf eine scharfe Weise zu bestimmen.

Wellen und Achsen.

Die Wellen und die Achsen sind Stücke, welche, obgleich sehr verschieden, dennoch in gewisser Beziehung eine so große Analogie darbieten, daß es unmöglich ist, die einen ohne die andern zu erklären *). Sie bestehen im Allgemeinen aus Guß-

*) Eine Achse ist eigentlich weiter nichts, als eine kleine Welle, und der deutsche Maschinist macht den Unterschied in der Benennung nicht; allein er ist jedenfalls bequem und wird demnach hier beibehalten.

oder aus Schmiedeeisen und sind aus drei Theilen zusammengesetzt, nämlich:

1) Dem Körper, der aus einem Cylinder, oder aus einem regelmäßigen Prisma besteht, dessen Länge wenigstens gleich dem sechsfachen Durchmesser ist.

2) Den Zapfen, die aus mehrern Cylindern bestehen, die einen geringern Durchmesser, als der Körper, haben, sowie eine Länge, welche ihren Durchmesser wenig übersteigt.

3) Den Trachten, d. h. die Stellen zur Aufnahme von Bewegungstheilen, welche aus mehrern Cylindern oder regelmäßigen Prismen bestehen, von einem bedeutendern Durchmesser, als der Körper, und von einer sehr verschiedenen Länge.

Die Zapfen sind die Verbindungspuncte der Wellen oder Achsen mit den Lagern. Die Trachten sind diejenigen Puncte, an denen die Naben der bewegenden Theile mit der Welle verbunden werden.

Die Wellen haben stets wenigstens zwei Zapfen an ihren Enden. Die Achsen haben nie mehr, als zwei, die gänzlich an den Enden liegen, und zuweilen nur einen einzigen und heißen alsdann Warzen.

Die Wellen haben wenigstens zwei Trachten, welche als Vereinigungspuncte verschiedener Stücke dienen, von denen das eine der Motor des andern ist. Die Achsen dagegen haben nie mehr, als eine Tracht für zwei Zapfen, oder zwei Trachten für einen. Es folgt daraus, daß die Wellen der Wirkung der Torsion unterworfen sind, während es bei den Achsen nie der Fall ist.

Die Wellen werden durch ihre Zapfen an ihrem Platz erhalten; die Achsen werden es durch ihre Tracht.

Die Wellzapfen ruhen nur auf festen Lagern; die der Achsen sowohl auf festen, als auf bewegli-

chen, je nach der mechanischen Beschaffenheit der Nabe, welche die Tracht aufnimmt.

Die Wellen haben stets eine kreisförmige Bewegung, entweder eine continuirliche, oder eine wiederkehrende, um ihre mathematische Achse. Die Achsen nehmen jede Art der Bewegung an.

1) Körper der Wellen und Achsen. Die Wellkörper sind entweder massiv oder hohl, wogegen der der Achsen stets massiv ist. Die Anwendung von hohlen Körpern zu den Wellen rührt daher, daß bei gleicher Oberfläche die ringförmigen Durchschnitte der Biegung und der Torsion mehr widerstehen, als die kreisförmigen, massiven Durchschnitte.

Wenn die Zapfenlager der Wellen einander sehr nahe stehen, so gibt man dem Körper entweder einen kreisförmigen Durchschnitt mit dem Zapfen, oder einen polygonalen, der den der letztern umschreibt.

Liegen die Lager sehr weit von einander entfernt, so ersetzt man die cylindrische oder prismatische Form durch eine parabolische, deren Querschnitt sich mittelst der Formel berechnen läßt, welche sich auf die Biegung zwischen zwei Stützpuncten bezieht, nämlich:

$$\frac{P a (l - a)}{l} = \frac{R \pi r^3}{4}$$

Wenn die Welle aus Gußeisen besteht, so kann man statt der massiven parabolischen Form, hinreichende Verstärkungsrippen oder Federn anwenden, welche stets weniger Gußeisen erfordern. In diesem Fall ersetzt man das zweite Glied der obigen Gleichung, welches sich auf kreisförmige Durchschnitte bezieht, durch dasjenige, welches rechteckigen Durchschnitten angehört, und welches ist:

$$\frac{Rab^2}{6}$$

wobei a die Stärke einer Feder und b die ganze Höhe zweier entgegengesetzten Federn ist, mit Inbegriff der ganzen Höhe des Wellkörpers.

Da die Körper der Achsen gewöhnlich sehr kurz sind, so bestehen sie im Allgemeinen aus zwei einander entgegenstehenden abgestumpften Kegeln, von denen der schwache Theil den Zapfen und der starke der Tracht zugekehrt ist (Fig. 9, Taf. XII.)

2) Zapfen. Die Zapfen sind stets massiv und mit einem oder mit zwei Hälsen A und B (Fig. 10 und 11) versehen, deren Zweck es ist, sie in ihren Lagern zu erhalten. Haben sie nur einen Hals, so ist der des Endes B weggelassen.

Wir haben gesagt, daß die Wellen der Torsion und der Biegung widerstehen, während die Achsen nur der letzteren allein Widerstand zu leisten haben.

Was nun die Torsion betrifft, so ist es gebräuchlich, die Dimensionen der Wellen nach denen zu bestimmen, welche man für die Zapfen erlangt.

In Beziehung auf die Biegung gilt diese Regel nur dann, wenn die Länge den Durchmesser nur 12 Mal übersteigt.

Wir haben weiter oben die Formeln von Robertson mitgetheilt, welche sich auf die Wellen oder Achsen, die der Einwirkung der Torsion unterworfen sind, beziehen. Haben diese Stücke der Biegung zu widerstehen, so berechnet man die Zapfendurchmesser mittelst der nachstehenden Formeln, welche ebenfalls von Robertson herrühren:

Für Gußeisen $d = 3{,}2\, Q^{\frac{1}{3}}$

Für Schmiedeeisen $d' = 3{,}2 \left(\frac{9}{14}\, Q\right)^{\frac{1}{3}} = 2{,}76\, Q^{\frac{1}{3}}$

Dazu kommt noch $\frac{1}{8}$ mehr für die Abnutzung.

In diesen Formeln bezeichnen:

d und d' die Zapfendurchmesser in Centimetern.

Q die wirkliche Belastung auf die beiden Wellzapfen in metrischen Centnern.

Wenn die Last auf den beiden Zapfen nicht gleich vertheilt ist, so drückt Q das Doppelte der Last auf jedem von ihnen aus. Wenn demnach die Belastung 20 metrische Centner beträgt, und wenn der eine Zapfen davon 7 und der andere 13 trägt, so hat man für den ersten: Q = 14, und für den zweiten: Q = 26.

Die Werthe von d und d', welche man mittelst dieser Formel erhält, sind zweckmäßig, wenn die Maschinen nicht größer als 20 Pferdekräfte sind; bei größeren Maschinen sind sie zu bedeutend.

Die proportionalen Verhältnisse sind, wenigstens unserer Ansicht nach, sowohl für die Wellen, als auch für die Achsen dieselben, und in den Figg. 10 u. 11 angegeben. Auf diese Weise können sowohl für Lenkerfutter, als auch für Zapfenlager, dieselben Pfannenmodelle angewendet werden. Bei hölzernen oder hohlen gußeisernen Wellen bilden die Zapfen besondere Stücke, welche mit jenen verbunden sind; die Figuren 12, 12bis und 13 stellen zwei Vorrichtungen schmiedeeiserner Zapfen dar, welche in hölzernen Wellen befestigt sind.

Die Figg. 14, 15, 16, 17 und 18 stellen drei Einrichtungen gußeiserner Zapfen dar, welche ebenfalls in hölzernen Wellen befestigt sind. Die Fig. 17 gibt die Art und Weise der Verbindung an, welche für diese verschiedenen Fälle gebräuchlich ist; die Welle endigt in einen Kegel, und wenn die Basis des Zapfens im Innern befindlich ist, so bindet man das Ganze durch eiserne Reifen.

Die Fig. 19, 20 und 21 stellen die Verbindung eines gußeisernen Zapfens mit einer hohlen gußeiser-

nen Welle dar. Wenn der Zapfen einer gußeisernen Welle aus Schmiedeeisen besteht, so gibt man ihm die Form einer Warze (Fig. 22) u. man verbindet ihn mit der Welle, wie die Trachten mit den Naben, d. h. mittelst zweier gleicher cylindrischer Theile, von denen der eine convex und der andere concav ist, und die mit einem Schlüssel und einem halbrunden Keil, oder mit 4 Clavetten versehen sind.

3) Trachten. Früher machte man die Trachten der Wellen sämmtlich prismatisch. Es kam dies daher, weil, wegen der Unvollkommenheit der Bohrmaschinen, man genöthigt war, die Naben auf ihre Wellen und die Achsen in ihren Naben festzukeilen. Jetzt ist dies aber anders, und man macht alle Trachten cylindrisch und gibt ihnen einen Durchmesser, der gleich dem der ausgebohrten Nabe ist. Wegen der Details der Verbindung der Trachten mit den Naben verweisen wir auf das weiter oben über diesen Gegenstand Gesagte.

Gebrochene oder gekröpfte Wellen.

Wenn man die Bewegung einer Welle mittelst eines Lenkers mittheilen will, welche sich in einer Ebene bewegt, die diese Welle an irgend einem Punct ihrer Länge durchschneidet, so ist es alsdann nothwendig, sie zu brechen oder mit einer Kröpfung zu versehen, die sich zu dem Lenker ganz genau so wie eine Kurbel verhält. Die Form der Kröpfungen ist nach den Umständen verschieden, unter denen die Wellen vorkommen.

Bei gußeisernen Wellen kann man den Kröpfungen jede gewünschte Form geben; auch macht man sie in diesem Falle gewöhnlich gerade (Tafel **XII**, Figur 8).

Bestehen die Wellen aus Schmiedeeisen und sind sie nur mit zwei Zapfen an den Enden versehen, so gibt man ihnen die Gestalt der Fig. 23 und 24, wobei die Fäden oder Nerven des Metalles nicht unterbrochen werden. Zuweilen kann man jedoch eine solche Einrichtung nicht befolgen; bei den Locomotiven, z. B., muß man den gebrochenen Wellen die Form der Fig. 25 und 26 geben. Wenn die schmiedeeisernen Wellen mit vier Zapfen versehen sind, welche den beiden Theilen des Körpers gestatten, sich auf jeder Seite der Kröpfung für sich in der mathematischen Bewegungsachse zu drehen, wie dies bei den Maschinen der Dampfböte der Fall ist, so wendet man alsdann Kröpfungen an, die mit zwei daran befestigten Kurbeln versehen sind (Fig. 27, 28 u. 29). Diese Einrichtung hat eine große Analogie mit der der Kurbel allein; dennoch muß sie hier erwähnt werden, indem sie mit vielem Vortheil angewendet werden kann. In der Fig. 28 sieht man, daß die Warze, welche die Verbindung mit dem Lenker bildet, mit einer der Kurbeln befestigt und mit der Warze der andern durch einen Bügel, Fig. 29, verbunden ist. Es ist dies nicht unerläßlich, denn man kann mit einer einzigen Warze, welcher man eine hinreichende Länge gibt, so daß sie vollständig durch die ganze Kurbel geht, welche in diesem Falle cylindrisch ausgebohrt ist, zu demselben Zwecke gelangen. Im Allgemeinen vermeidet man die gebrochenen Wellen bei den Maschinen soviel, als möglich, theils wegen ihrer Zerbrechlichkeit, als auch wegen ihrer schwierigen Anfertigung, wenn sie aus Schmiedeeisen bestehen müssen. Die Locomotiven geben einen offenbaren Beweis davon, denn ohnerachtet einer zehnjährigen Erfahrung bei der Anfertigung der Kurbelwellen hat man es doch im Allgemeinen vorgezogen, auf die Anwendung außerhalb liegender Cylinder zu-

rückzukommen, wodurch man der Anwendung dieser schwierigen Maschinentheile überhoben ist.

Excentrische Scheiben.

Die excentrischen Scheiben oder Excentrica sind Maschinenstücke, deren Zweck es ist, die continuirliche kreisförmige Bewegung einer Welle in eine andere, wiederkehrend geradlinige, kreisförmige umzuwandeln.

Man unterscheidet mehrere Arten von Excentriken, je nachdem die Bewegungsmittheilung regelmäßig, unterbrochen, oder verschiedenartig ist.

Die excentrischen Scheiben zur Mittheilung einer regelmäßigen Bewegung bestehen im Allgemeinen (Fig. 30, Taf. XII) aus einer kreisförmigen Scheibe A, die aus einem oder aus zwei Stücken besteht; sie ist mit vorspringenden Rändern oder mit einer Kehle versehen, welche ein aus zwei Stücken bestehendes Schloßband B umfaßt. Dieses Schloßband ist mit der Stange oder dem Lenker C verbunden, mittelst deren die Bewegungsmittheilung stattfindet. Die Scheibe ist mit einer ausgebohrten Oeffnung versehen, die einen gleichen Durchmesser mit der der Welle hat, auf welcher sie befestigt wird. Die Stellung dieser Oeffnung wird nach dem Laufe bestimmt, welchen der mit der wiederkehrenden Bewegung begabte Theil haben muß. Dieser Lauf ist der doppelte von der Entfernung der Achsen, der Welle und des Excentricums, wovon man sich leicht überzeugen kann, indem man bemerkt, daß während der continuirlich kreisförmigen Bewegung der Welle die Achse des Excentricums um die Achse dieser letztern eine Peripherie beschreibt, welches für den Durch-

messer dieser Peripherie das Doppelte der Entfernung beider Achsen gibt.

Wenn die Welle gerade ist, so kann das Excentricum stets aus einem Stücke bestehen (Fig. 30); zu dem Ende muß man dahin sehen, seiner Tracht auf der Welle einen Durchmesser zu geben, der wenigstens gleich dem der Trachten für die andern Stücke ist.

Wenn die Welle mit zwei Kröpfungen versehen ist, wie bei den Locomotiven mit innenliegenden Cylindern, so ist es durchaus nothwendig, die excentrischen Scheiben aus zwei Stücken bestehen zu lassen, die zwischen den beiden Kröpfungen zusammengesetzt werden müssen. In diesem Falle gibt man ihnen die Gestalt von Fig. 31, bei welcher die Vereinigung der beiden Stücke mittelst zweier Bolzen mit Clavetten oder mit Schraubenmuttern bewirkt wird.

Die excentrischen Scheiben werden gewöhnlich von Gußeisen angefertigt. Die Schloßbänder bestehen entweder aus Messing, oder aus Schmiedeeisen, von denen die ersteren, unseres Erachtens, die zweckmäßigsten von allen sind, wenn man dahin sieht, ihnen eine hinreichende Stärke zu geben. Zur Ersparung des Metalles, ohne ihren Widerstand zu vermindern, versieht man sie mit Verstärkungsrippen, so daß sie weniger dick gemacht werden können. Durch dieses Mittel erspart man nicht allein an Material, sondern man vermindert auch das Gewicht, welches für gewisse Maschinen, namentlich die Locomotiven, sehr wohl zu berücksichtigen ist.

Die kreisförmigen Excentrica werden bei den Dampfmaschinen zur Bewegung der Vertheilungsschieber und der Pumpenkolben angewendet; sie haben gegen die Kurbel den großen Vortheil, keine Leitungen zu erfordern und keine Lenker, deren Gelenke bald verdorben werden, wogegen ihre Schloß-

bänder eine so bedeutende Reibung haben, daß es nicht möglich ist, sie bei der Uebertragung großer Kräfte vortheilhaft zu benutzen.

Obgleich die Bewegung der kreisförmigen Excentrica regelmäßig ist, d. h. ununterbrochen, so können sie doch nicht angewendet werden, wenn es sich darum handelt, ein Stück um gleiche Größen für gleiche Kreisbögen vor= oder rückwärts gehen zu lassen. In diesem Falle muß man die herzförmigen Excentrica (Fig. 32) anwenden, deren äußere Construction auf die folgende Weise erreicht wird:

Es sei **AB** der Lauf des mit wiederkehrender Bewegung begabten Stückes und **AC** die Stärke der Nabe. Aus dem Punct **O**, der Mitte von **AC**, als Mittelpunct, ziehe man die Halbmesser **Oa**, **Ob**, **Oc** rc., welche den ganzen Winkel von 180°, der über der Linie **DB** befindlich ist, in 8 gleiche Theile theilt. Aus demselben Punct **O**, als Mittelpunct, beschreibt man mit **OC** plus $\frac{1}{8}$ von **CB**, als Halbmesser, eine Peripherie, welche **Oa** an einem Puncte trifft, den man bezeichnet. Darauf beschreibt man aus demselben Punct **O**, als Centrum, mit **OC** plus $\frac{2}{8}$ von **CB**, als Halbmesser, einen zweiten Bogen, welcher **Ob** in einem zweiten Puncte trifft, u. s. f. bis zum Ende. Die bezeichneten Puncte verbindet man durch eine Curve und verfährt auf der andern Seite von **AB** ebenso. Es ist offenbar, daß für jeden Theil von der Umdrehung der Welle, der gleich $\frac{1}{8}$ der beiden geraden Linien ist, das mit einer wiederkehrenden Bewegung begabte Stück um $\frac{1}{8}$ von **AB** vorrückt, welches man erreichen will.

Die excentrischen Scheiben zur Mittheilung der intermittirenden oder aussetzenden Bewegung bestehen im Allgemeinen (Fig. 33) aus einem gleichseitigen sphärischen Dreiecke, deren Seiten die entgegengesetzten Scheitel zum Mittelpuncte haben,

und sich um einen dieser Scheitel als Achse drehen. Diese Excentrica unterscheiden sich hauptsächlich von den kreisförmigen dadurch, daß sie keines Halses bedürfen. Sie sind in einem Rahmen befindlich, dessen Breite gleich dem Halbmesser einer jeden von den Seiten, und dessen Höhe wenigstens gleich dem doppelten Halbmesser ist. Sowie es die Figur darstellt, ist die excentrische Scheibe an dem Ende einer Welle angebracht. Befinden sich die Excentrica auf der Länge der Welle selbst, so müssen sie bei der Construction eine Veränderung erleiden, deren Zweck es ist, ein Einschneiden des Stückes zu vermeiden. Diese Abänderung ist in Fig. 33 dargestellt, welche von der Fig. 34 dadurch verschieden ist, daß man zu ihrer Erlangung, statt ein gleichseitiges Dreieck zu construiren, deren drei Scheitel den drei Seiten zu Mittelpuncten dienen, damit anfängt, eine Nabe A zu lassen, welche eine hinreichende Stärke hat, um die Befestigung der excentrischen Scheibe auf der Tracht der Welle zu gestatten. Ist dies geschehen, so beschreibt man aus dem Mittelpuncte b dieser Nabe, mit einem Halbmesser, welcher der ihrigen gleich ist, und den man um den Lauf verlängert, den Bogen B. Aus irgend einem Puncte c dieses Bogens, mit einem Halbmesser gleich dem Laufe, plus den Durchmesser der Nabe, beschreibt man einen andern Bogen C, welcher B in a schneidet und tangentiell auf der Nabe ausläuft. Aus dem Puncte a, als Mittelpunct, beschreibt man, mit demselben Halbmesser, einen Bogen, welcher B in c schneidet und ebenfalls tangentiell auf der Nabe endigt. Auf diese Weise braucht man auf der Welle keinen Einschnitt zu machen, und jedes Stück kann für sich vollendet werden. Die Rahmen der dreieckigen Excentrica werden auf verschiedene Weise construirt, worauf wir später zurückkommen. Sie haben das Nachtheilige, zwei Leitungen zu er-

fordern, indem die geradlinige, wiederkehrende Bewegung für sie unerläßlich ist, die das Excentricum nicht umfassen.

Wir werden weiter unten sehen, daß bei den Dampfmaschinen die dreieckigen Excentrica im Vergleich zu dem erstern nur geringe Vortheile gewähren und nicht, wie sie, für alle Geschwindigkeiten zulässig sind.

Die excentrischen Scheiben für die Mittheilung veränderlicher Bewegung nehmen alle möglichen Formen an. Sie sind entweder, wie die vorhergehenden, von Rahmen umschlossen, oder sie befinden sich zwischen zwei Frictionsrollen, welche ihnen gestatten, alle Arten von Krümmungen anzunehmen, denen die letztern besser folgen, als ebene oder etwas convexe Flächen.

Man wendet viele von diesen Excentriken jetzt bei den Dampfmaschinen an, um die Expansion mittelst eines einzigen Schiebers zu bewirken. Man verlangt alsdann von diesen Apparaten, daß, wenn man ihnen die zu dem zu erlangenden Grade der Expansion erforderliche Form gibt, alle Normalen untereinander gleich seien, d. h., daß während der ganzen Rotation des Excentricums die beiden Frictionsrollen zu gleicher Zeit in Berührung bleiben. Wir werden später auch auf diese excentrischen Scheiben zurückkommen, indem wir von den Bewegungen der Dampfvertheiler reden.

Schnur-, Riemen- und Kettenscheiben.

Die Scheiben sind gewöhnlich aus Gußeisen bestehende Räder, über welche entweder Ketten, oder Schnüre, oder Laufriemen gehen. Sie bestehen aus drei Theilen, nämlich: aus der Nabe, aus den Armen und aus dem Kranze.

Die Nabe dient dazu, die Scheiben auf den Wellen zu befestigen; die Arme dienen zur Verbindung der Nabe mit dem Kranze; der Kranz trägt das Seil, welches die Scheibe umfaßt.

Wenn die Scheiben Ketten oder Schnüre aufnehmen, so muß ihr Kranz mit einer vertieften Rinne oder Spur versehen sein. Sollen sie dagegen Riemen aufnehmen, so ist der Kranz eben oder etwas convex. Die Scheiben mit Spuren unterscheiden sich im Allgemeinen von den flachen Scheiben durch die Arbeit, welche die Arme und die Nabe zu leisten haben.

Bei den Scheiben mit Spur findet die Bewegungsmittheilung im Allgemeinen von einem Ende der Schnur bis zum andern statt; alsdann haben die Arme nur den Zug auszuhalten, welchen die Kraft und der Widerstand auf jeder Seite des Kranzes ausüben.

Bei den Scheiben mit flacher Bahn dagegen findet die Bewegungsmittheilung am Häufigsten von der Welle zum Laufseil, oder umgekehrt statt; alsdann haben die Arme der Wirkung der Biegung zu widerstehen, welche auf ihre Enden die Kraft und der Widerstand ausüben.

Die ersteren haben nur ein so geringes Interesse, daß wir nicht weiter davon reden werden; die zweiten dagegen, sowie die Laufseile, spielen eine so wichtige Rolle in der Mechanik, daß wir uns länger mit denselben beschäftigen müssen.

Die Scheiben sind entweder auf ihren Wellen befestigt, oder sie gehen auf denselben leer (Figur 35 und 36, Taf. XII). Die Leerrollen haben weder Schlüssel, noch Clavette, so daß sie nicht gehindert werden, sich auf ihren Wellen zu drehen.

Die Breite der Kränze oder der Bahn einer Scheibe muß wenigstens ebenso breit, oder vielmehr

etwas breiter, als der Riemen sein, welchen sie aufnehmen müssen; sie läßt sich nach dem Widerstande der Laufseile, mittelst der folgenden Formel berechnen:

$$l = \frac{128\,F}{D\,n\,e}.$$

In dieser Formel stellt man dar durch:
l die Breite in Centimetern,
F die übertragene Arbeit in Pferdekräften,
D den Durchmesser der Scheibe in Metern,
n die Anzahl der Umgänge in der Minute,
e die Stärke des Laufseils in Centimetern.

Wenn man, z. B., hat:
$F = 16$ Pferdekräfte, $D = 1{,}20$ Meter, $n = 60$ Umgänge, $e = 0{,}40$ Centimeter:

so folgt: $l = \frac{128 \times 16}{1{,}20 \times 60 \times 0{,}4} = 71{,}2$ Cent.

Die Anzahl der Arme bei den Scheiben beträgt 3 — 6 und zuweilen noch etwas mehr. Der Widerstand, den ein jeder von ihnen zu überwinden hat, ist um so geringer, je bedeutender ihre Anzahl ist. Wegen der Bestimmung ihrer Dimension verweisen wir auf die Zahnräder, wobei man eine bestimmte zu überwindende Wirkung berücksichtigen muß.

Die Arme sind entweder gerade, oder haben die Gestalt eines S; ihr Querschnitt ist entweder ein Kreuz, oder ein Oval, dessen größter Durchmesser in der Ebene der Rotationsbewegung liegt. Die geraden Arme haben bei'm Gusse das Nachtheilige, daß sie bei'm Schwinden des Gußeisens leicht zerspringen.

Aus dem Grunde theilt man die Naben in drei Theile, so daß die Arme auf der Seite des Kranzes schwinden können; man muß alsdann die zwischen den Nabensegmenten gebliebenen leeren Räume ausfüllen und das Ganze durch eiserne Bänder, welche

warm umgelegt worden sind, zusammenhalten, eine langwierige und kostbare Arbeit, weshalb auch die aus einem Stücke gegossenen Naben den Vorzug verdienen.

Die Arme in der Form eines **S** werden zur Vermeidung der Nachtheile der geraden Arme angewendet; denn da die Länge dieser Arme bedeutender ist, als die Entfernung zwischen Nabe und Kranz, so folgt daraus, daß die Schwindung durch eine einfache Verrückung der Nabe erfolgt, welche sich um sich selbst dreht.

Die Fig. 37 stellt ein System von Scheiben mit verschiedenen Durchmessern dar, welches sowohl bei Drehwerken, als auch bei der Bewegungsmittheilung an den Moderatoren der Dampfmaschinen sehr häufig angewendet wird. Diese Scheiben, welche stets zu zweien miteinander verbunden sind, und zwar so, daß der größte Durchmesser der einen mit dem kleinsten der andern correspondirt, müssen der Bedingung genügen, daß, seien auch die beiden entsprechenden Peripherien, welche der Laufriemen umgibt, welche sie wollen, die Länge dieses letztern dennoch stets constant bleibt.

Man genügt dieser Bedingung, indem man bemerkt, daß, wenn die Abnahmen der Durchmesser untereinander gleich sind, die Summe von denen der Peripherie, welche gleichweit von den Enden entfernt sind, constant sein muß, daß, wenn man daher durch D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6 die sechs Durchmesser der Scheibe darstellt, sie untereinander durch die Verhältnisse:

$$D_1 + D_6 = D_2 + D_3 = D_3 + D_4$$

verbunden werden müssen.

Man erreicht dies, wenn man einen Kegel durch sechs parallele Ebenen, welche gleichweit voneinander entfernt sind, zerschneidet.

Wirklich, wenn h die Entfernung des Scheitels von der ersten schneidenden Ebene darstellt, und a die Entfernung zwischen zwei aufeinander folgenden Ebenen, erhält man als Verhältnisse der Durchmesser der Durchschni te:

$$D_1 : D_2 : D_3 : D_4 : D_5 : D_6 = h + 5a : h + 4a : h + 3a : h + 2a : h + a : h.$$

Nun hat man aber:

$$h + 5a + h + a = 2h + 5a$$
$$h + 4a + h + a = 2h + 5a$$
$$h + 3a + h + 2a = 2h + 5a$$

demnach:

$$D_1 + D_6 = D_2 + D_3 = D_4 + D_3.$$

Zahnräder.

Aus einem allgemeinen Gesichtspuncte betrachtet, sind die Zahnräder die Armaturen, womit man zur Verhinderung des Gleitens die Oberflächen versieht, welche die Bewegung durch Contact gegenseitig übertragen oder mittheilen sollen.

Zu dem Ende bestehen sie aus einer Reihe von untereinander gleichen Erhöhungen, Zähne genannt, welche hinlänglich weit voneinander entfernt sind, so daß die Zähne zweier miteinander in Berührung stehender Räder gegenseitig ineinander eingreifen können.

Man betrachtet bei den Maschinen drei Hauptclassen von Oberflächen, auf welche man diese Art und Weise der Bewegungsmittheilung anwendet, nämlich:

1) Die ebenen Oberflächen;
2) die cylindrischen Oberflächen;
3) die conischen Oberflächen.

Die mit Zähnen versehenen ebenen Oberflächen nennt man Zahnstangen.

Die mit Zähnen versehenen cylindrischen Oberflächen nennt man Zahnräder.

Die mit Zähnen versehenen conischen oder kegelförmigen Oberflächen nennt man Winkelräder.

In den drei Fällen werden die Zähne durch eine gerade Linie erzeugt, welche sich auf einer die Richtung angebenden Curve bewegt, deren Construction wir weiter unten bestimmen wollen. Sei nun die Oberfläche, welche als richtende Curve angenommen werden kann, welche sie wolle, so ist diese Oberfläche zu gleicher Zeit normal auf derjenigen, auf welcher sich die Zähne befinden, und auf der erzeugenden geraden Linie dieser letztern.

Die Zahnstangen greifen nie ineinander ein.

Die Stirnräder greifen entweder ineinander oder in Zahnstangen ein.

Die Winkelräder greifen nur ineinander ein.

Es folgt daraus, daß die Zähne der Zahnstangen und der Stirnräder gleich sein können, so daß wirklich nur zwei Hauptclassen von Rädern existiren, die Stirn- und die Winkelräder.

Stirnräder, die in Zahnstangen eingreifen, werden dazu angewendet, die kreisförmige Bewegung einer Welle in eine geradlinige zu verwandeln.

Die ineinander greifenden Stirnräder werden dazu benutzt, die kreisförmige Bewegung einer Welle der einer andern parallelen mitzutheilen.

Die ineinander greifenden Winkelräder werden dazu angewendet, die kreisförmige Bewegung einer Welle der kreisförmigen Bewegung einer andern mitzutheilen, welche irgend einen Winkel mit der erstern macht.

Stirnräder.

Es seien o und o' (Fig. 38, Taf. XII) die Achsen zweier Wellen, welche auf der Ebene der Zeichnung senkrecht stehen, und deren Rotations-Geschwindigkeiten sich untereinander wie m : n verhalten. Nun hat man nach den Regeln der Statik,

wenn man die Halbmesser der Stirnräder mit R und R' bezeichnet:

$$R : R' = n : m \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

daher: $R + R' : R = m + n : n$

und $R = \frac{n}{m + n}(R + R')$

Gibt man R + R' einen Werth, der höchstens o o', der Entfernung der Mittelpuncte, gleich ist, so erhält man einen Werth für R und aus dem Verhältniß (1) einen andern Werth für R'.

Kennt man die Halbmesser der Räder, so bleiben nur die Zähne zu bestimmen, d. h. die Curve, welche deren Richtung angibt.

Um diese Curve zu bestimmen, bemerken wir, daß, wenn die Wellen parallel sind, und man schneidet die Stirnräder durch eine senkrecht auf ihren Achsen stehenden Räder, die beiden Peripherien, welche die Oberflächen in dieser Ebene schneiden, während der Drehung der Wellen stets tangentiell bleiben. Die leitende Curve der Zähne ist daher keine andere, als die durch diese beiden Peripherien bestimmte.

Da nun diese Curve eben ist, so ist die Oberfläche der Stirnräder auch eben.

Es gibt zwei Curven, welche den Bedingungen, die die Zähne während der drehenden Bewegung der in Eingriff stehenden Räder zu erfüllen haben, gleich gut entsprechen, nämlich:

Die Epicycloide und die Kreisevolvente.

Die Epicycloide, die früher ausschließlich angewendet wurde, und die auch jetzt noch sehr verbreitet ist, wird früher oder später gänzlich aufgegeben werden.

Die Kreisevolvente dagegen, welche jetzt nur wenig angewendet wird, wird es ausschließlich, wenn die Maschinenbauer mit ihren Vorzügen genauer bekannt sein werden.

Die Gründe, welche uns zu dieser Meinung über diese beiden Arten von Zähnen veranlassen, werden wir weiter unten auseinandersetzen. Wir glauben, daß es zwecklos sein würde, die übrigens bekannte Theorie der erstern mitzutheilen, und ziehen wir es vor, die der zweiten vollständiger zu entwikkeln, welche im Allgemeinen wenig bekannt ist, und deren practische Anwendung bis jetzt nirgend so deutlich auseinandergesetzt worden ist, daß sie in den Maschinenbau-Werkstätten verstanden werden könnte.

Theorie der nach einer Kreisevolvente construirten Radzähne.

Kreisevolvente nennt man die Curve, welche durch den Punct A (Fig. 39) einer Peripherie beschrieben wird, wenn sich dieselbe von dieser Peripherie entfernt, indem sie stets auf einer Tangente bleibt, deren Länge zwischen dem Berührungs- und dem beweglichen Puncte gleich dem des Bogens zwischen dem Ausgangspunct und dem Berührungspunct ist.

Wenn man demnach aus den Berührungspuncten B, C, D, E ꝛc. die Tangenten BA′, CA″, DA‴ ꝛc. zieht, und man auf diesen Tangenten Längen aufträgt, welche gleich dem Bogen BA, CA, DA ꝛc. sind, so erhält man eine Reihe von Puncten A, A′, A″, A‴ ꝛc., welche, mit einer Curve untereinander verbunden, eine Kreisevolvente geben. In der Praxis beschreibt man diese Curve weit genauer und weit rascher mittelst eines Punctes, der an dem Ende einer Schnur befestigt ist, die sich um einen Cylinder wickelt.

Es seien o und o′ (Fig. 40), wie weiter oben, die Achsen zweier parallelen Wellen, R und R′ die Halbmesser der auf diesen Wellen angebrachten Rä-

der, und es seien ihnen Geschwindigkeiten mitgetheilt, welche sich untereinander wie m : n verhalten.

Aus den Mittelpuncten o und o′ beschreiben wir mit den Radien R und R′ zwei Peripherien. Es sei TT′ eine beiden Peripherien gemeinschaftliche Tangente. Jeder Punct M, auf TT′ zwischen T und T′ kann nach der Definition der Evolvente entweder einer Evolvente der Peripherie von o, oder der Evolvente der Peripherie von o′ angehören.

Verzeichnen wir nun diese beiden Evolventen mittelst dieses Punctes und der beiden Theile MT, MT′ der Tangente TT′ durch die weiter oben angegebene practische Methode, so erhalten wir die beiden Bögen MA, MB.

Die Tangente T und T′ auf die Peripherie o und o′ ist zu gleicher Zeit normal auf die beiden Bögen der Evolventen MA und MB; diese beiden Bögen haben alsdann eine gemeinschaftliche Tangente und sind folglich Tangenten untereinander.

Nimmt man an, daß sich die Peripherien drehen, so daß die beiden Evolventenbögen sich stets berühren, so bleiben beide Bögen fortwährend Tangenten untereinander; nur verändert der Berührungspunct die Stellung auf der geraden Linie TT′ und wird nacheinander M, M′, M″ ꝛc. (Fig. 41), denn jeder von den Puncten M, M′, M″ ꝛc. kann als der Erzeuger der beiden tangirenden Evolventen angesehen werden, wie weiter oben.

Es folgt daraus, daß, wenn man die beiden Räder mit Zähnen versieht, die nach einer Curve dieser Art construirt sind (Fig. 42), und die weit genug voneinander stehen, so daß, wenn zwei von ihnen sich zu berühren aufgehört haben, zwei andere schon wieder ineinander greifen, die Wirkungen der beiden Räder aufeinander stets nach der Tangente TT′ auf den beiden ursprünglichen Peripherien ge-

richtet sind, und daß bei constanten Einwirkungen der ausgeübte Druck für jeden Zahn constant ist, und zwar von dem Anfange bis zu dem Schlusse der Berührung. Dieses Resultat bildet den großen Vortheil der nach einer Kreisevolvente construirten Zähne.

Die epicycloidischen Zähne haben folgende Nachtheile, nämlich:

1) Die Construction der Zähne eines Rades hängt von dem Durchmesser des andern ab, mit welchem es in Eingriff stehen soll.

2) Die Entfernung des Drehungs-Mittelpunctes ist unveränderlich.

3) Die Hebelarme der Kraft und der Last am Berührungspuncte der Zähne ist vom Anfang bis zum Ende der Berührung verschieden. Die Räder nutzen sich daher ungleich ab und haben zu Anfang der Berührung des krummen Theils eine stärkere Reibung, als am Ende.

Die nach Evolventen construirten Zähne haben die folgenden Vortheile:

1) Da die Form der Zähne eines Rades von dem Durchmesser abhängt, so kann es mit jedem andern Rade in Eingriff kommen, dessen Zähne nach einer Evolvente construirt sind, vorausgesetzt, daß die Zähne in den beiden Rädern gleichweit auseinanderstehen oder eine gleiche Theilung haben, seien auch ihre Durchmesser, welche sie wollen.

2) Man kann die Wellen nach Belieben einander nähern oder voneinander entfernen, ohne daß die Räder regelmäßig ineinander zu greifen aufhören; die Fig. 40 beweis't dies hinlänglich.

3) Da der Druck auf die Zähne gleich ist, so ist ihre Abnutzung auch überall gleich, und es hat dies keinen andern Nachtheil, als daß sie schwächer werden, ohne daß sie die Form verlieren.

Von diesen drei Vorzügen ist der erste ohne Widerrede für den Maschinenbauer am Wichtigsten, indem er dadurch eine sehr wesentliche Ersparung an Modellen macht.

Die beiden andern Vortheile haben besonders Werth für den Besitzer der Maschinen, bei denen diese Construction angewendet worden ist.

Wenn die nach Kreisevolventen construirten Zähne mit den Vortheilen, welche sie gewähren, nicht schneller in allgemeinere Anwendung gekommen sind, so hängt dies von gewissen Schwierigkeiten bei der Ausführung ab, über welche wir einige Aufklärungen geben wollen.

Dimensionen der Zähne.

Es seien: b die mittlere Stärke der Zähne;
l ihre Höhe;
a die Breite des Rades, an welchem sie befindlich sind.

In der Praxis nimmt man folgende Verhältnisse an:

$$Pl = \frac{Rab^2}{b}, \text{ woraus man folgert: } b^2 \frac{bPl}{Ra},$$

Da aber bei den Zahnrädern Stöße stattfinden, welches anderwärts nicht der Fall ist, so gibt diese Formel zu schwache Resultate, weshalb man auf die folgende Weise verfährt: Man setzt für einen andern Zahn, der einer andern Einwirkung unterworfen ist:

$$b'2 = \frac{bP'l'}{Ra'}.$$

Man reducirt demnach aus diesen Formeln:

$$b^2 : b'^2 = \frac{Pl}{a} : \frac{P'l'}{a'},$$

daher $$Pl = \frac{P'l'}{a'b'^2} a b^2$$

Bestimmt man den Werth von $\frac{P'l'}{a'b'^2}$ durch die Erfahrung, so findet man, daß wenn:
$b' = 0{,}03$ M., $a' = 0{,}14$ M., $l' = 0{,}03$ M.,
$P = 1000$ Kil.,
der Zahn die größtmöglichste Festigkeit, ohne zerstört zu werden, darbietet, indem 1000 Kil. die obere Grenze der Werthe von P' bilden.

Ersetzt man die Größen a', b', P', l' durch diese Werthe in dem Ausdruck $\frac{P'l}{a'b'^2}$, so erhält man, indem man a' b' und l' in Centimetern ausdrückt:

$$Pl = \frac{1000 \times 3}{14 \times 9} a b^2 = 24\, a b^2.$$

Macht man die Lösung in Beziehung auf b^2 und ersetzt a und l durch ihre Werthe in Beziehung auf diese Größe, so erhält man endlich:

$$b^2 = \frac{P \times 1{,}26}{24 \times 4{,}56} = \frac{P}{90}.$$

Man hat gefunden, daß man ohne Nachtheil den Nenner des Ausdrucks $\frac{P}{90}$ um $\frac{1}{9}$ erhöhen könne, und aus diesem Grunde wendet man im Allgemeinen die nachstehende Formel an:

$$b^2 = \frac{P}{100},$$

woraus man folgert:
$b = 0{,}1\sqrt{P}$, $l = 0{,}12\sqrt{P}$, $a = 0{,}45\sqrt{P}$.

Hat man auf diese Weise die drei Dimensionen der Zähne bestimmt, womit man ein Rad versehen will, welches eine gewisse Wirkung verrichten soll, so ist es zuweilen der Fall, daß, wenn man die Theilung dieses Rades macht, um den Zwischenraum der Zähne und ihre Form zu finden, sich die beiden Curven in einer geringeren Höhe treffen, als 1,2 b. Es folgt daraus, daß die Zähne nicht allein die zweckmäßige Höhe haben, sondern auch, daß sie in eine Spitze auslaufen, wodurch sie außerordentlich geschwächt werden und sich rasch abnutzen.

Dadurch sind in den meisten Fällen die Maschinenbauer, selbst die Vertheidiger der nach Evolventen construirten Zähne, veranlaßt worden, dieselben aufzugeben und zur alten Methode zurückzukehren. Es ist daher von der größten Wichtigkeit, diese Frage gründlich zu studiren, um sich auf eine bestimmte Weise über diese Arten von Zähnen auszusprechen; dies haben wir gethan, und wir wollen die Resultate unserer Arbeit summarisch mittheilen.

Bestimmung des höchsten Werthes von **b**. Es sei (Fig 43) O der Mittelpunct und R der Durchmesser eines Rades, **ab**, **ac**, **ad**, **ae** ꝛc. die verschiedenen Stärken, welche die Zähne dieses Rades nach den zu überwindenden Widerständen haben können.

Es seien außerdem: **ac** = 2**ab**, **ad** = 3**ab**, **ae** = 4**ab** ꝛc.

Beschreiben wir nun den Bogen der Evolvente **aq**, der durch den Punct **a** und die verschiedenen Bögen geht, ebenso auch die Evolventen, welche durch die Puncte **b**, **c**, **d**, **e** ꝛc. gehen und eine entgegengesetzte Richtung von **aq** haben, so daß sie die Zähne schließen. Diese Bögen durchschneiden den ersten in den Puncten **m**, **n**, **p**, **q** ꝛc.

Nachdem man auf diese Puncte die Normalen Om, On, Op, Oq ꝛc. gezogen und so genau, als möglich, die Höhen mm, nn, pp, qq ꝛc. über der Peripherie gemessen hat, so findet man:

1) Zahn abm . $mm' = 1{,}250\ ab = \frac{5}{4}\ ab$;
2) Zahn acn . $nn' = 1{,}125\ ac = \frac{9}{8}\ ac$;
3) Zahn adp . $pp' = 1{,}000\ ad = \frac{12}{12}\ ad$;
4) Zahn aeq . $qq' = 0{,}950\ ae = \frac{15}{16}\ ae$.

Es folgt daraus, daß, je bedeutender die Stärke des Zahnes ist, um so geringer die Höhe zum Verhältniß zu dieser Stärke.

Nimmt man an, daß, um $l = 1{,}2\,b$ zu haben, mit einer hinreichenden Dicke am Ende $l' = 1{,}5\,b$ sein muß, wobei l' die Höhe des Punctes, in welchem diese beiden Curven über der Peripherie zusammentreffen, so folgern wir aus den obigen Resultaten, daß, wenn es unerläßlich ist, $l' = 1{,}5\,b$ zu haben, die Durchmesser der Zahnräder nicht allen Stärken der gegebenen Zähne b entsprechen können.

Alsdann bietet sich ganz natürlich die folgende aufzulösende Aufgabe dar, nämlich:

Das Verhältniß zu finden, welches zwischen dem Halbmesser **R** eines Zahnrades und der Stärke b der Zähne stattfinden muß, damit die Höhe l' des Punctes, an welchem die beiden Curven zusammentreffen, gleich 1,5b sei.

Ohne hier die Reihe der Berührungen auseinanderzusetzen, welche angestellt werden mußten, um zur Lösung dieser Aufgabe zu gelangen, bemerken wir blos, daß wir gefunden haben, daß, um l' gleich oder geringer als $1{,}5\,b$ zu machen, b gleich $\frac{1}{12}$ des Halbmessers **R** sein mußte.

Wir haben aus diesem Resultate die folgende Tabelle aufgestellt.

Tabelle von den größten Dimensionen, welche man, nach den Durchmessern der Räder, den nach der Kreisevolvente construirten Zähnen geben muß.

Durchmesser der Räder in Metern.	Stärke der Zähne in Centimetern. b	Höhe der Zähne in Centimetern. l	Länge der Zähne in Centimetern. a
0,10	0,42	0,50	1,90
0,20	0,84	1,00	3,80
0,30	1,25	1,50	5,60
0,40	1,67	2,00	7,50
0,50	2,10	2,50	9,45
0,60	2,50	3,00	11,25
0,70	2,92	3,50	13,20
0,80	3,34	4,00	15,00
0,90	3,75	4,50	16,90
1,00	4,10	5,00	18,80
1,20	5,00	6,00	22,50
1,40	5,82	7,00	26,40
1,60	6,66	8,00	30,00
1,80	7,50	9,00	33,80
2,00	8,32	10,00	37,60

Wenn die Stärke der Zähne die in der Tabelle mitgetheilte für entsprechende Durchmesser übersteigen soll, so ist es dann nothwendig, epicycloidische Zähne anzunehmen.

Anzahl der Zähne.

Eine Schwierigkeit, die bei der Construction der Evolventen-Zähne auch noch in Betracht kommt, besteht in der Bestimmung der Anzahl der Zähne, welche das Rad haben muß. Wirklich ist es nicht möglich, diese Zahl auf dieselbe Weise zu bestimmen, wie bei

den epicycloidischen Zähnen, d. h., indem man den Zwischenraum gleich $\frac{13}{12}$ von dem Zahne macht. Da sich der Zahn von seiner Entstehung bis zu seinem Ende vermindert, so muß der Zwischenraum an der Basis weit geringer sein, als der Zahn.

Wenn b gleich $\frac{1}{12}$ R, $l = 1{,}2\,b$, so ist die Stärke des Zahnes an seinem Ende etwa gleich $\frac{1}{3}$ b. Bei Rädern, die tief eingreifen, muß man daher zur Vermeidung der Stöße, welche durchaus nicht stattfinden dürfen, diesen Zwischenraum wenigstens $\frac{1}{2}$ b machen, d. h. etwa $\frac{2}{3}$ von b.

Nimmt man die Zahl $\frac{2}{3}$ b an, so findet man, daß die Theilung, welche aus einem Zwischenraum und aus einem Zahne besteht, gleich $b + \frac{2}{3} b = \frac{5}{3} b = 1{,}66\,b$ ist, welches für die Anzahl der Zähne gibt, indem man b durch $\frac{1}{12}$ R ersetzt:

$$\frac{2\,\pi\,R}{\frac{1{,}666\,R}{12}} = 45.$$

Wir folgern daraus, daß alle Zahnräder, die nach einer Evolvente construirt sind, und die nicht wenigstens 45 Zähne haben, nicht ganz richtig sein können.

Zahnstangen.

Da die Zahnstangen ebene Flächen sind, so können ihre Zähne nicht nach einer Kreisevolvente construirt sein. Man ersetzt dieselbe durch einen Kreisbogen, dessen Mittelpunct und Halbmesser sich nach den Entfernungen bestimmen lassen, welche zwischen dem willkürlichen Anfang der Berührung der Zähne und der Peripherie der Radzähne stattfindet. Die wichtigste zu erfüllende Bedingung besteht darin, daß der Mittelpunct dieses Kreisbogens, der auf der Tangente des Rades liegt, die durch den ersten Be-

rührungspunct geht, indem während der Bewegung der Berührungspunct stets auf der Tangente zu dem Rade, durch den Mittelpunct des Kreisbogens geführt ist; eine Eigenschaft, die sich aus der Construction der Evolvente selbst ableiten läßt.

Winkelräder.

Es seien 0A, 0B (Fig. 44) die Achsen zweier Wellen, welche in einem Punct 0 zusammentreffen, und welche Drehungsgeschwindigkeiten haben, welche sich untereinander wie m : n verhalten. Aus dem Punct 0 ziehen wir die geraden Linien 0C, 0D auf solche Weise, daß sich die Winkel A0C, B0D wie n : m untereinander verhalten, indem man alsdann 0E und 0D als die Erzeugungslinien zweier Drehungskegel betrachtet, von denen 0A, 0B die Achsen sind. Wenn beide Kegel mit gleichen Zähnen versehen sind, die verhältnißmäßige Zahlen zu den Winkeln A0, C, BD haben, d. h., sich wie n : m verhalten und ineinander eingreifen, so ist ihre Drehungsgeschwindigkeit das Umgekehrte von den Zahlen der Zähne, d. h. wie m : n.

Wenn man statt der beiden geraden Linien 0C, 0D nur eine einzige 0E zieht, welche dem Winkel A0B in zwei Theile theilt, die n und m proportional sind, so berühren die beiden Kegel einander; es ist dies der Fall bei epicycloidischen Zähnen, während das erstere bei Zähnen der Fall ist, die nach Evolventen construirt sind.

Es ist offenbar, daß bei den Winkelrädern alle Puncte der beiden in Berührung stehenden Oberflächen, die in einer gewissen Entfernung von dem Scheitel oder Gipfel befindlich sind, als sich auf einer Kugel bewegend, und in ihrer Bewegung die Peripherie eines kleinsten Kreises beschreibend, angesehen

werden können. Die Evolvente dieser Peripherie wird durch ihren Durchschnittspunct mit der Erzeugungslinie der berührenden Ebene auf dem Kegel hervorgebracht. Indem sich nun dieser Punct mit der tangirenden Ebene entfernt, so bleibt er doch immer, wie es sich leicht nachweisen läßt, auf der Kugel, welche die Entfernung von dem Scheitel 0 zu ihrer ersten Lage, zum Halbmesser hat. Es folgt daraus, daß die Curve der Winkelradzähne, welche nach der Evolvente construirt sind, auf einer Kugel liegen, weshalb man sie die Kugel-Evolvente genannt hat.

Wir gehen in weiter keine Details über diese Räder ein, welche in Folge der practischen Schwierigkeiten, die sie darbieten, um genau construirt zu werden, nur immer annähernd genau mittelst Kreisbögen angefertigt werden. Es ließe sich übrigens sehr viel darüber sagen, allein dies würde uns zu weit von unserem eigentlichen Zweck entfernen, weshalb wir unsere Leser auf die größern Werke über das Maschinenwesen verweisen.

Dimensionen der Kränze und Arme der Stirn- und Winkelräder.

1) Kränze. Die Stärke der Zahnrad-Kränze ist im Allgemeinen gleich der Höhe l der Zähne. Sind die Räder heftigen Stößen ausgesetzt, so läßt man den Kranz auf jeder Seite außerhalb des Rades hervorstehen, so daß dieselben zur Hälfte als versenkt erscheinen.

2) Arme. Die Anzahl der Arme der Zahnräder schwankt zwischen 3 und 8; man bestimmt ihre Dimensionen auf die folgende Weise:

Es sei **P** (Fig. 45) die tangentielle, auf das Rad wirkende Kraft; wenn die Anzahl ihrer Arme **n** und ihre Länge **l** ist, so hat man zur Bestimmung

ihres Durchschnittes an der Nabe die folgende Formel, nämlich:

$$\frac{Pl}{n} = \frac{Rab^2}{6}.$$

Die Werthe aber, die man auf diese Weise für a und b erhält, indem man eine von diesen beiden Größen angibt, sind zu schwach, nicht um der Belastung, sondern um dem Schwinden in der Gießerei zu widerstehen.

Man hat sich zu der Erfahrung wenden müssen, um diese Dimensionen gehörig zu bestimmen, und man ist zu folgenden Resultaten gelangt:

1) Der Durchschnitt der Arme in einer Ebene, die senkrecht auf der Länge steht, muß ein Kreuz sein (Fig. 46), bestehend aus zwei Verstärkungsrippen, von denen die eine der Länge nach läuft, um der Biegung zu widerstehen, und die andere der Quere nach, um den Erschütterungen Widerstand zu leisten.

2) Wenn der Halbmesser der Peripherie 1 Meter beträgt, und die Anzahl der Arme 6, so hat man die folgende Tabelle:

Tangentielle Einwirkung auf das Rad.	Dimensionen in der Mitte der Arme.	
	Mittlere Breite der Arme.	Ganze Stärke der 4 Verstärkungsrippen.
Kilogrammen.	Centimeter.	Centimeter.
10	4,20	1,21
40	6,00	2,00
80	8,00	3,00
158	8,50	3,90
244	9,70	4,85
336	10,67	6,30

Tangentielle Einwirkung auf das Rad.	Dimensionen in der Mitte der Arme.	
	Mittlere Breite der Arme.	Ganze Stärke der 4 Verstärkungsrippen.
Kilogrammen.	Centimeter.	Centimeter.
430	11,64	6,80
580	12,12	8,25
730	13,08	8,73
870	13,80	9,70
1100	14,50	10,67
1210	15,50	11,64
1500	16,00	12,60
1750	16,50	13,68
2200	17,00	16,50
2300	17,50	16,50
2660	18,00	17,00
2840	18,50	17,95
3220	19,00	19,00
3500	19,50	19,40

3) Wenn man die Breite der Arme in der Mitte zu 1 annimmt, so ist die an der Nabe $\frac{6}{5}$, und die am Kreuz $\frac{4}{5}$.

4) Wenn der Raddurchmesser mehr als 2 Meter beträgt, so bestimmt man die Dimensionen der Verstärkungsrippen, indem man setzt:

$$P\,l = \frac{R\,a\,b^2}{6}, \text{ daher } \ldots\; b^2 = \frac{6\,P\,l}{R\,a}$$

$$P\,l' = \frac{R\,a\,b'^2}{6}, \text{ daher } \ldots\; b'^2 = \frac{6\,P\,l'}{R\,a};$$

man reducirt daraus: $\frac{b^2}{b'^2} = \frac{l}{l'}$, und $b' = b\sqrt{\frac{l'}{l}}$

Nun hat man: $l = 1$ M., demnach: $b' = b\sqrt{l'}$.

5) Wenn die Anzahl der Arme eine andere als 6 ist, so berechnet man b durch die gewöhnliche Formel und nimmt eine Mittelzahl an.

Von den verschiedenen Systemen der Zahnräder.

Die Zahnräder haben entweder gußeiserne oder hölzerne Zähne. Bei einer regelmäßigen Bewegung hat es gar nichts Nachtheiliges, zwei Räder mit gußeisernen Zähnen ineinandergreifen zu lassen; kommen aber dagegen häufige Stöße vor, so ist es zweckmäßiger, Räder mit hölzernen Zähnen anzuwenden.

Die gußeisernen Zähne sind mit dem Kranz aus einem Stücke gegossen, wogegen die hölzernen in dem letztern befestigt sind. Die Zähne haben alsdann einen Stiel, welcher in Stiellöcher in den Kranz tritt. Von allen Arten der Verbindung dieses Stiels mit dem Kranze ist, unseres Erachtens, die beste diejenige der Figuren 1 und 2, Taf. XIII, bei welcher durch den Stiel der Länge nach ein eiserner Stift geht, der zu beiden Seiten vortritt, und zwar so nahe, als möglich, von der innern Fläche des Kranzes.

Wenn die hölzernen Zähne etwas breit sind, so fertigt man sie aus zwei Stücken an, wie in den Figg. 1, 2, 3 und 4, von denen sich die erstern auf Stirn- und die letztern auf Winkelräder beziehen.

Die Zahnräder bestehen entweder aus einem, oder aus mehreren Stücken. Die aus mehreren Stükken bestehenden Räder sind entweder aus zwei oder drei symmetrischen Theilen zusammengesetzt, oder sie haben einen besonders angefertigten Kranz.

Die Figg. 1 und 2 stellen ein Rad mit hölzernen Zähnen dar, welches aus zwei symmetrischen Theilen besteht. An den Figuren 3 und 4, 5 und 6 haben die Räder einen für sich gegossenen Kranz, der

aus einem Stücke besteht. Bei dem erstern Rade findet die Verbindung der Arme mit dem Kranze mittelst Bolzen statt; bei dem zweiten wird sie mittelst hölzerner und eiserner Keile bewirkt. Dieses letztere Rad, welches in einer Eisenhütte im Betriebe ist, hat Zähne, welche halb in dem Kranze versenkt sind.

Die Figg. 7, 8 und 9 stellen ein Rad dar, welches, wie bei den vorhergehenden, einen für sich gegossenen Kranz hat, welches aber dadurch verschieden ist, daß der Kranz aus mehreren Theilen besteht, die zu zwei mit den Enden der Arme verbunden sind.

Die Figg. 10, 11, 12, 13 und 14 stellen ein Rad dar, welches, wie die vorhergehenden, einen für sich bestehenden und aus mehreren Stücken bestehenden Kranz hat; allein es ist wesentlich von allen andern durch die Construction der Arme und der Nabe oder des Radkranzes verschieden, welche ebenfalls aus besondern Stücken bestehen. Außerdem hat die Nabe eine solche Einrichtung, daß sie eine Verbindung zwischen einer hölzernen und einer schmiedeeisernen Welle darbietet; die hölzerne Welle ist in dem cylindrischen Theil **AB** angebracht, und die schmiedeeiserne Welle in dem Quadrat **C** (Fig. 10 u. 13).

Die Zahnräder bilden den kostbarsten Theil von dem Material der Modell-Werkstätte; es liegt demnach in dem eigenen Interesse der Maschinenbauer, ihre Anzahl soviel, als möglich, zu vermindern. Nun gibt es aber kein anderes Mittel, um zu diesem Zwecke zu gelangen, als wenn man dies System der Zerlegung in Reihen anwendet. Wir sahen, daß bei den Stirnrädern, deren Zähne nach Kreisevolventen construirt sind, es hinreichend sei, für alle Räder eine gleiche Theilung zu haben, damit sie ineinander eingreifen können. Bei den Winkelrädern ist es unglücklicherweise anders, indem sie nicht so miteinander verbunden werden können, als wenn die Durchschnitte

auf den Ebenen senkrecht auf den Achsen und bei gleichen Höhen, als Perimeter, Peripherien von kleinsten Kreise haben, die einer und derselben Kugel angehören.

Lassen wir diejenigen Stirnräder, welche die Anwendung der Kreisevolvente nicht zulassen, und die Winkelräder bei Seite, so schlagen wir für die Stirnräder, deren Zähne nach der Kreisevolvente construirt sind, die folgende Reihe von Verhältnissen zwischen den Geschwindigkeiten der Wellen vor, die miteinander durch Zahnräder in Verbindung stehen, nämlich: = 1:1:2:3:4:5,
welches gibt:

1 zu 1, 1 zu 2, 1 zu 3, 1 zu 4, 1 zu 5, 2 zu 3, 2 zu 5, 3 zu 4, 3 zu 5, d. h. die neuen hauptsächlichsten Geschwindigkeits-Combinationen.

Zur Erlangung dieser Geschwindigkeitsverhältnisse muß man die umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser haben.

Berücksichtigt man, daß die Leistung der Zahnräder im Allgemeinen proportional ihrem Durchmesser, und daß die Stärke der Zähne nach dieser Leistung verschieden ist, so können wir die folgenden 5 geringsten Durchmesser annehmen, nämlich:

0,10 Met., 0,20 Met., 0,30 Met., 0,40 Met., 0,50 Met.

Gibt man den Zähnen der nach diesen Durchmessern construirten Räder die größte Stärke, welche sie haben können, d. h. $\frac{1}{24}$ des entsprechenden Durchmessers, so läßt sich die folgende Tabelle aufstellen.

Tabelle über Stirnräder mit Kreis=Evolventen=zähnen, welche fast allen Fällen, die in einer Maschinenbau=Werkstatt vorkommen können, Genüge leisten.

Stärke der Zähne in Centimetern.	Durchmesser der Räder und Getriebe für die Verhältnisse, nach Metern.				
	1	2	3	4	5
Cent.	Met.	Met.	Met.	Met.	Met.
0,42	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
0,84	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
1,25	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50
1,67	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
2,10	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50

Wenn diese Reihe wegen der geringen Stärke der Zähne unzureichend erscheint, so kann man sie durch die folgende fortsetzen, in welcher die entfernten Verhältnisse nothwendig verschwinden.

2,50	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00
2,92	0,70	1,40	2,10	2,80	=
3,34	0,80	1,60	2,40	=	=
3,75	0,90	1,80	=	=	=
4,17	1,00	=	=	=	=

Die in der Tabelle aufgeführten Verhältnisse gehören im Ganzen 40 Modellen an.

Es bedarf wohl gar keiner weitern Bemerkung, daß diese Modelle nur in dem Maß, als sie erforderlich sind, angefertigt werden. Außerdem muß man so verfahren, daß die Ersatzräder, d. h. diejenigen, welche andere Durchmesser, als die in der Tabelle aufgestellten erfordern, oder andere Zahnstärken, als die aus ihren Durchmessern hervorgehenden, stets mit einem von denen einzugreifen im Stande sein müssen, welche

in der Reihe vorhanden sind, so daß wenigstens ein Modell erspart wird.

Wiederholen wir die Anzahl der verschiedenen Zähne, welche man auf diese Weise für gleiche Durchmesser erhält, so findet man, daß es gibt:

1	Radmodell	von	0,10	Meter.
2	"	"	0,20	"
2	"	"	0,30	"
3	"	"	0,40	"
2	"	"	0,50	"
3	"	"	0,60	"
1	"	"	0,70	"
3	"	"	0,80	"
2	"	"	0,90	"
3	"	"	1,00	"
3	"	"	1,20	"
1	"	"	1,40	"
2	"	"	1,50	"
2	"	"	1,60	"
2	"	"	1,80	"
2	"	"	2,00	"
1	"	"	2,10	"
2	"	"	2,40	"
1	"	"	2,50	"
1	"	"	2,80	"
1	"	"	3,00	"
40				

Röhren.

Die Röhren sind Apparate, welche zur Leitung von Wasser, Gas und Dampf dienen. Sie lassen sich aus verschiedenen Arten von harten Materialien anfertigen, wie aus Stein, aus Poteriesubstanz, Glas, Metall und Holz. Bei den Dampfmaschinen sind von diesen verschiedenen Substanzen die Metalle ausschließlich zu Röhren angewendet.

Diejenigen unter den Metallen, welche gewöhnlich zu diesen Stücken angewendet werden, sind die folgenden: Schmiedeeisen, Blei, Kupfer und Gußeisen.

Die Röhren aus Schmiedeeisen, aus Blei und aus Kupfer sind Gegenstände besonderer Fabrication; wir reden hier nicht davon. Die gußeisernen Röhren dagegen, obgleich sie in gewissen Fällen ebenfalls Gegenstand einer speciellen Industrie sind, wie es in Eisengießereien der Fall ist, gehören dennoch in den Bereich der Maschinenbauwerkstätten, und aus diesem Grunde beschäftigen wir uns ausschließlich mit denselben.

Die gußeisernen Röhren sind hohle Cylinder von verschiedener Länge, deren Enden luftdicht miteinander verbunden sind, und welche auf diese Weise durch ihre Vereinigung eine mehr oder weniger lange Leitung bilden, jenachdem es die Bedürfnisse erfordern.

Nach der Art und Weise ihrer Verbindung unterscheidet man zwei Arten von Röhren:

1) Solche mit Rändern oder Kränzen;

2) Röhren mit Büchsen oder Muffen.

Die Röhren mit Kränzen (Taf. **XIII**, Fig. 15, 16 und 17) haben an beiden Enden zwei ringförmige Ränder oder Kränze, welche mit ihnen aus einem Stücke gegossen sind und werden aneinandergelegt, und alsdann durch Schraubenbolzen miteinander verbunden. Die Fig. 17 gibt nach einem größern Maßstab, als die vorhergehenden, einen Durchschnitt des Randes, der verhältnißmäßige Dimensionen hat, in dem die Eisenstärke der Röhre = 1 angenommen worden ist.

Die Figur zeigt an ihrem Scheibenrande eine ringförmige Verstärkung, welche auf der Drehbank genau abgedreht wird, so daß die Fuge durch ein

bloßes Aneinandertreten zweier Scheibenränder dicht wird. Diese Einrichtung ist zwar, wegen der größern Kosten, welche sie veranlaßt, nicht allgemein angenommen; wir wollen jedoch bemerken, daß sie in gewissen Fällen allen übrigen Verbindungsmethoden vorgezogen werden muß, und daß alsdann die höhern Kosten der Zusammenfügung, bei einer großen Anzahl von Röhren, von dem Maschinenbauer demnach möglichst gering gestellt werden können und der Unterschied gegen die andere Verbindungsart nur unbedeutend ist.

Gewöhnlich verbindet man die unabgedrehten Röhren mit Rändern dadurch, daß man zwischen die Randscheiben einen Kranz von Blei, der mit rothem Kitt, oder zuweilen mit Hanf versehen ist, legt; werden diese elastischen Substanzen mit den Schraubenbolzen aneinander gezogen, so dringen sie in die Poren des Gußeisens und geben einen sehr dichten Verschluß.

Die Röhren sind an gewissen Puncten mit kreisrunden Stäben versehen, deren Zweck es ist, sie fester zu machen und ihnen einen gewissen Widerstand gegen die Einflüsse des Schwindens nach dem Gusse zu gewähren.

Die Röhren mit Kränzen sind, ohne Zweifel, die einfachsten und besten von allen Röhren; allein man kann sie nicht ausschließlich anwenden, indem sie eine Röhrenleitung nicht gestatten, ohne sich zu verlängern, irgend einem Einfluß der Ausdehnung unterworfen zu werden, so daß alsdann stets ein oder mehrere Röhren zerbrechen.

Um den Einfluß der Ausdehnung der Röhren durch Temperaturveränderungen zu vermeiden, wendet man bei solchen Leitungen, bei denen dieser Einfluß hauptsächlich hervortritt, R ö h r e n mit B ü c h s e n oder Muffen an.

Die Röhren mit Büchsen (Fig. 18, 19, 20, 21 und 22) werden ineinander gesteckt, indem das Ende **A** (Fig. 18) in das andere Ende **B** (Fig. 20) eintritt. Ein Spielraum von einigen Millimetern zwischen dem Ende der einen Röhre und dem Boden von der Büchse der andern gestattet einer jeden Röhre eine Verlängerung oder Verkürzung, ohne daß die benachbarte Röhre im Geringsten aus ihrer Lage käme.

Die Art und Weise der Zusammenfügung dieser Arten von Röhren ist verschieden. Die der Figg. 18, 19, 20 und 21, welche wir vorschlagen, besteht in dem Ausbohren und in dem Abdrehen der beiden zu vereinigenden Theile; die Verdichtung zwischen den beiden Oberflächen der Fugen wird in diesem Falle durch eine Liderung von getheertem Hanf bewirkt, die vorher in eine ringförmige Vertiefung des engern Endes eingelegt wird. Diese Verbindung ist zwar theuer; allein sie macht die Zusammensetzung und das Auseinandernehmen einer Röhrenleitung sehr leicht. Die in der Fig. 22 dargestellte und allgemeiner angewendete Verbindung besteht in einer Hanfverdichtung, welche man in den Zwischenraum zwischen der Büchse und der Röhre hineinzwängt. Das enge Röhrenende ist mit einer Verstärkung versehen, welche die Verdichtung aufhält. Ueber der Hanfliderung wird entweder Blei oder Gußeisenkitt angebracht.

Zuweilen wird die Verdichtung der Enden lediglich mit Gußeisenkitt bewirkt; allein alsdann kann man die Röhren gar nicht wieder auseinandernehmen, indem der Gußeisenkitt sehr fest wird und sich ganz und gar mit den Röhren verbindet; dies ist um so nachtheiliger, da alsdann jede Ausdehnung und jede Zusammenziehung verhindert werden.

Die Röhren mit Büchsen werden entweder ausschließlich, oder nur an einigen Puncten der gewöhnlichen Röhrenleitungen mit Kranzverbindungen angewendet, um die nachtheiligen Einflüsse der Ausdehnung zu vermeiden. Im erstern Falle müssen an manchen Puncten Röhren mit Kränzen angebracht werden, um die Röhren auswechseln zu können, indem dies, aus leicht begreiflichen Gründen, bei den Röhren mit Büchsen nicht geschehen kann. In dem zweiten Falle bringt man etwa alle 20 Meter eine Röhre mit Büchsenverbindung an.

Wenn man mehrere benachbarte Kessel durch gußeiserne Röhren miteinander verbindet, so reicht eine gewöhnliche Büchsenverbindung zur vollständigen Aufhebung der Einwirkungen der Ausdehnung nicht hin, und es werden die Röhrenverbindungen leicht undicht, oder es fällt auch wohl die Garnitur gänzlich heraus. Röhren mit ausgebohrten und abgedrehten Enden würden in diesem Falle vielleicht eine sehr gute Verdichtung bewirken; allein sie müßten alsdann sehr genau ineinandergearbeitet sein, welches bedeutende Kosten verursachen würde. Man zieht alsdann die Anwendung aller Stopfbüchsenverbindung vor, welche in den Figg. 15 und 16 abgebildet worden ist. Das Röhrenende ist abgedreht, die Büchse mit zwei Durchmessern ausgebohrt und mit einem Hute mit 3 oder 4 Bolzen versehen, welcher abgedreht und ausgebohrt worden ist und eine Hanfliderung festhält, ganz so, wie es bei den gewöhnlichen Stopfbüchsen der Fall ist. Eine Verbindung dieser Art ist sehr vollkommen.

Röhren der beschriebenen Art sind stets dann zweckmäßig, wenn die Leitungen gerade sind; nehmen sie aber verschiedene Richtungen an, so reichen diese Stücke nicht mehr aus. Man wendet alsdann Kniee

an, die entweder mit Kränzen, oder mit Büchsen, oder auch mit beiden versehen sind, sowie es der Fall gerade erfordert. Diese Kniee sind durch nichts von der Construction der geraden Röhren verschieden, nur ist ihre Achse ein mehr oder weniger großer Kreisbogen. Man unterscheidet gerade und schiefe Kniee; die erstern haben eine Viertelperipherie zur Achse; die zweiten einen größern oder kleinern, gewöhnlich aber kleinern Theil des Kreisbogens.

Endlich ist es häufig der Fall, daß sich beim Zusammenstellen einer Röhrenleitung zwei Röhren treffen, welche entweder übereinander hinausgehen, oder voneinander zu entfernt bleiben, als daß sie miteinander verbunden werden könnten. Man wendet alsdann sogenannte Verbindungsstücke an, welche in einem möglichst kurzen Röhrenstücke bestehen, welches entweder in eine Büchse, oder in Ränder ausläuft, jenachdem die eine oder die andere Verbindungsweise bei der Röhrenleitung angewendet worden ist.

Stärke der Röhren.

Man kann die Stärke der Röhren mittelst zweierlei Formeln berechnen, nämlich, jenachdem sie zur Leitung von Wasser oder von Dampf angewendet werden. Für Wasserleitungsröhren ist diese Formel die folgende:

$$e = 0{,}02\,D + 0{,}01,$$

wobei e die Stärke und D der innere Durchmesser in Metern oder zehntheiligen Brüchen des Meters ist.

Diese Stärke ist für einen Widerstand von 10 Atmosphären berechnet.

Für Dampfleitungsröhren ist die anzuwendende Formel die nachstehende, welche durch eine Verordnung der französischen Regierung vom 22. Mai 1843 für gußeiserne Röhren als die zweckmäßigste bestimmt worden ist:

$$e' = 5 \times 0{,}001\,(1{,}8\,D\,(n - 1) + 3),$$

wobei e' und D in Metern ausgedrückt worden sind und n den innern Druck bezeichnet.

Vergleichen wir diese Formel mit der vorhergehenden, indem wir bemerken, daß 10 Atmosphären in der Kälte bei'm Gußeisen 3 Atmosphären in der Wärme entsprechen, so erhalten wir:

$$\frac{e}{e'} = \frac{0{,}02\,D + 0{,}01}{0{,}018\,D + 0{,}015}$$

fast gleiche Resultate, woraus man folgern kann, nicht daß die erste Formel für Dampfleitungsröhren angewendet werden kann, indem sie nur für einen einzigen Fall genügt, sondern daß die zweite Formel zweckmäßig ist und für alle Fälle bei den Dampfröhren angewendet werden kann.

Zerlegung der Röhren in Reihen.

Die Röhren gehören zu der Zahl derjenigen Stücke, für die es von der höchsten Wichtigkeit ist, bestimmte Dimensionen zu haben, sowohl wegen der Menge der verschiedenen Modelle, welche ein und derselbe Röhrendurchmesser erfordert, als auch wegen des häufigen Gebrauchs, welchen man davon macht.

Es gibt bei einer Röhre zwei Hauptdimensionen: nämlich: die Länge, der Durchmesser.

Die Längen sind bei einem Durchmesser wenig verschieden, ja es ist dies selbst bei verschiedenen

Durchmessern der Fall; sie sind im Allgemeinen die folgenden:

1,30 Met.,	2,00 Met.,	2,60 Met.,	3,25 Met.
4 Fuß,	6 Fuß,	8 Fuß,	10 Fuß.

Nicht alle Durchmesser erfordern sämmtliche 4 Längen; die kleinen gehen bis 2 Meter, die weitern dagegen sind viel kürzer, und es gibt selbst solche, welche nie diese Länge erfordern.

Die Verschiedenheit der Durchmesser der gußeisernen Röhren ist, in Zollen ausgedrückt, sehr zweckmäßig die nachstehende, nämlich:

1 Zoll, 2 Z., 3 Z. ꝛc., 13 Z., 14 Z., 15 Z., selten sind sie weiter.

Man kann sehr zweckmäßig die nachstehende Tabelle aufstellen:

Tabelle über die Hauptdimensionen einer Röhrenreihe.

Durchmesser in Millimetern.	Länge in Metern.
25	1,30 und 2,00
50	1,30 „ 2,00
75	1,30 „ 2,00
100	1,30 „ 2,00
130	1,30 „ 2,00
160	1,30 „ 2,00
190	2,00 „ 2,60
220	2,00 „ 2,60
260	2,00 „ 2,60
300	2,00 „ 2,60
350	2,00 „ 2,60

Durchmesser in Millimetern.	Länge in Metern.
400	2,60 „ 3,25
450	2,60 „ 3,25
500	2,60 „ 3,25
600	2,60 „ 3,25
700	3,25 „ 4,00
800	3,25 „ 4,00
900	3,25 „ 4,60
1000	3,25 „ 4,00

Verschlüsse oder Obturatoren.

Die Obturatoren sind Apparate, welche dazu dienen, die Verbindung zwischen zwei oder mehrern benachbarten Theilen einer Leitung herzustellen oder zu unterbrechen. Sie sind dreierlei Art, nämlich: Hähne, Ventile, Klappen, und sie bestehen stets aus zwei verschiedenen Theilen, von denen der eine fest und der andere beweglich ist. Diese Apparate unterscheiden sich nicht allein durch ihre Form, sondern auch durch die Art und Weise, wie sie sich bewegen, von einander; man kann sie auf folgende Weise definiren:

Die Hähne sind conisch und ihr beweglicher Theil macht eine kreisförmige Bewegung um eine Achse, und es ist dieselbe entweder continuirlich oder wiederkehrend, jenachdem man es will.

Die Ventile sind rund und ihr beweglicher Theil hat eine wiederkehrende geradlinige Bewegung, je nach der Richtung der Achse.

Die Klappen sind platt und haben eine wiederkehrend kreisförmige Bewegung um eine Achse, welche sich tangentiell zu der umschriebenen Curve des Perimeters verhält.

I. Hähne.

Die Hähne (Taf. XIII, Fig. 25 und 26) bestehen aus zwei Cylindern, welche etwas conisch und von gleichem Durchmesser sind, und von denen der eine concav und der andere convex ist. Diese Cylinder, von denen der eine in dem andern steckt, sind beide mit einer Oeffnung versehen, deren Weite weniger beträgt, als $\frac{1}{4}$ der in Berührung stehenden Peripherie.

Der äußere Cylinder, welcher stets der feste Theil ist, heißt das Gehäuse.

Der innere Cylinder, welcher der bewegliche Theil ist, heißt der Schlüssel.

Das Gehäuse steht mit den Leitungen mittelst kurzer Röhren und Ränder in Verbindung.

Der Schlüssel wird durch einen Griff bewegt, der entweder mit dem übrigen Theil aus einem Stücke gegossen ist, oder für sich allein besteht und mittelst eines quadratischen Kopfes angreift.

Von den drei Arten von Obturatoren sind die Hähne die einzigen, um mehr, als zwei Theile einer Leitung miteinander zu verbinden. Zweiweghahn nennt man einen solchen, der zwei Röhrenstücke hat; Dreiweghahn einen mit drei Stücken u. s. f. Die Figg. 27, 28, 29, 30 stellen zwei verschiedene Einrichtungen eines Dreiweghahns vor. Bei der erstern (Fig. 27 und 28) können niemals mehr, als zwei Theile der Leitung auf einmal miteinander verbunden werden, wogegen bei der zweiten Art (Fig. 29 und 30) die drei Theile gleichzeitig miteinander in Verbindung sein können.

Die hier beschriebenen drei Arten von Hähnen sind diejenigen, welche man am Allgemeinsten zu Wasserleitungen von geringem Durchmesser anwendet; bei starken Durchmessern wendet man, statt des Hahns mit massivem Schlüssel und mit Griff, einen Hahn mit hohlem Schlüssel und mit Räderwerk an, wie man ihn in den Figg. 33 und 34 vorgestellt findet. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil einer Materialersparung und einer sehr leichten Bewegung des Schlüssels, dessen Achse übrigens in zwei Schrauben ausläuft, deren Zweck es ist, ein Festhängen des Schlüssels in dem Gehäuse zu verhindern, wenn beide miteinander in zu nahe Berührung treten.

II. Ventile.

Der Verschluß mittelst der Ventile besteht in der Berührung zweier ringförmiger Flächen, die entweder eben (Fig. 41 bis) oder conisch (Fig. 41 ter), von denen die eine concav und die andere convex ist.

In den beiden Fällen endigen die in Berührung stehenden Oberflächen im Innern durch eine ebene Fläche **A**, die andere durch einen Cylinder **B**, die senkrecht aufeinander stehen, und zwar von der innern Peripherie **C** geleitet werden.

Bald ist es der ebene Theil der Ventile, welcher beweglich ist, bald ist es die feste; in beiden Fällen heißt der feste Theil der Ventilsitz und der bewegliche Theil das Ventil.

Die Ventile mit platter Kappe oder Scheibe unterscheiden sich von den cylindrischen oder Kolbenventilen dadurch, daß sie wegen der Verschiedenheit des Drucks, welcher zwischen den Mitteln, die sie trennen sollen, stattfindet, ihrer Hebung einen Widerstand entgegensetzen.

Die ringförmigen ebenen Oberflächen werden nur bei Scheibenventilen angewendet, die ringförmigen conischen Oberflächen werden sowohl für Scheiben= als auch für cylindrische Ventile angewendet. Bei den Scheibenventilen folgt der concave Theil stets auf den Ventilsitz und der convexe nach dem Ventile. Bei cylindrischen Ventilen folgt der concave Theil stets nach dem einen oder dem andern, jenachdem man es für zweckmäßig findet.

Die Figg. 31 und 32 stellen ein sogenanntes Kegelventil dar, wie es sehr häufig zur Verbindung zweier Theile einer Leitung angewendet wird. Die Ventilscheibe hat einen kegelförmigen Rand und der Sitz ist ebenfalls kegelförmig, daher der Name. Bei Dampf werden diese Kegelventile sehr häufig angewendet, wogegen man bei Wasser dem Verschluß durch Hähne den Vorzug gibt.

In Fig. 31 wird das Ventil durch einen Hebel oder durch die Hand gehoben, je nach der Differenz des Druckes in den verschiedenen Theilen der Leitung. In der Fig. 32 wird das Ventil durch eine Schraube mit Kurbel gehoben; diese Einrichtung ist hauptsächlich in dem Fall anwendbar, wenn die Differenz des Drucks bedeutend ist.

Der Ventilsitz ist mit einer Verlängerung oder einer Büchse versehen, welche stets mit demjenigen Theile der Leitung in Verbindung steht, in welchem der Druck am Stärksten ist, so daß, wenn das Ventil geschlossen ist, dieser Druck es geschlossen hält und es nicht öffnet.

Die cylindrischen Ventile haben keinen Druck auszuhalten; allein sie erfordern zwei schließende Oberflächen. Die Figg. 3, 4 und 5, Taf. XV, stellen drei verschiedene Systeme der zweiten Art von Ventilen vor, nämlich:

die Fig. 3, Ventil mit äußerer Garnitur.
Fig. 4, Ventil mit innerer Garnitur.
Fig. 5, Laternen-Ventil.

Bei der ersten Einrichtung bewegt sich das Ventil in einer Stopfbüchse, welche in der obern Verlängerung des Ventilsitzes angebracht worden, und die mit einem Bogen und Schrauben versehen ist, welche man in der Figur nicht abgebildet hat, die aber gehörig von einander entfernt sind.

Bei der zweiten Einrichtung ist über dem Ventilsitz ein hohler Cylinder angebracht, welchem entlang sich mit dem eigentlichen Ventil eine Stopfbüchse bewegt, die in diesem letztern angebracht worden ist.

In der dritten Art von Ventilen ist der obere Verschluß derselbe, als der untere, nur ist die ringförmige Contactsoberfläche kleiner und hat zur äußern Peripherie die innere Peripherie der andern.

III. Klappenventile.

Die Klappenventile (Taf. XIII, Fig. 39 und 40) sind nichts Anderes, als Ventile, deren Achse aus ihrer Lage gebracht worden ist. Da, ihrer Einrichtung zufolge, ihr Umriß irgend ein beliebiger sein kann, so gibt man ihnen stets dann den Vorzug, wenn es vortheilhaft ist, dem Verschlusse keine kreisförmige Oberfläche zu geben. Sie kommen auch bei Weitem weniger in Unordnung, erfordern aber einen weit größern Kasten, welches sich bei einem gegebenen Raume nicht immer gleichgut machen läßt.

Die Figuren verdeutlichen die Art und Weise, wie Klappenventile, welche man zum Verschluß in Wasserleitungen anwendet, in Bewegung gesetzt werden. Bei Dampf wendet man diese Ventile selten an, dagegen bei Gebläsen fast immer, jedoch bestehen

sie alsdann aus Blech und Leder, wie wir weiter unten sehen werden.

Die Figg. 35, 36, 37 und 38 stellen ein System von Schiebersystemen dar, sowie es sehr häufig bei Wasserleitungen und selbst auch bei Gas angewendet wird.

Sicherheitsapparate.

Es gibt eine sehr bedeutende Anzahl von Apparaten, deren Zweck es ist, die Aufmerksamkeit der Heizer auf ihre Kessel zu richten, wenn sich dieselben in einem nicht genauen, normalen Zustande befinden, d. h., wenn sie Veranlassung zu einer Explosion geben können.

Hier alle diese Apparate beschreiben zu wollen, hieße die uns gesteckten Gränzen zu sehr überschreiten und uns zu sehr dem Historischen zuwenden.

Eine gewisse Anzahl von Sicherheitsapparaten ist in den neuern Regierungsverordnungen über Dampfmaschinen vorgeschrieben worden, und diese sind es daher allein, welche in den Maschinenbauwerkstätten berücksichtigt werden, und auch wir brauchen daher nur sie.

Die nach der neuesten französischen königl. Ordonnanz vom 22. Mai 1843 vorgeschriebenen Sicherheitsapparate sind, ihrer Zahl nach, 5 und die folgenden:

2 Sicherheitsventile; — ein offenes Manometer; — ein Wasserstands-Indicator; — ein Lärmschwimmer.

I. Sicherheitsventile.

Die Sicherheitsventile sind Apparate, durch welche Dampf aus den Kesseln entweichen kann, wenn

derselbe eine Spannung erlangt, welche höher ist, als die vorgeschriebene. Zu dem Ende sind sie weiter nichts, als gewöhnliche Ventile mit kegelförmigem Sitze, der unmittelbar an den Kesseln angebracht worden ist. Sobald der untere Druck ein Gewicht, womit sie belastet sind, übersteigt, hebt sich das Ventil.

Da der atmosphärische Druck auf ein Quadratcentimeter Oberfläche 1,033 Kilogr. beträgt, so hat man, wenn n die Anzahl der Atmosphären bezeichnet, welche den innern Dampfdruck ausdrücken, zum Ausdrucke dieses Drucks auf ein Quadratcentimeter Oberfläche:

$$1{,}033 \text{ Kil. } (n - 1).$$

Die Oberfläche des Ventils, welche zum Durchmesser D hat, ist:

$$0{,}785 \; D^2.$$

Der innere Druck, welcher dieses Ventil zu heben sucht, ist folglich:

$$1{,}033 \text{ Kil. } (n - 1) \times 0{,}785 \; D^2, \text{ oder}$$
$$0{,}811 \; D^2 \; (n - 1) \text{ Kilogr.}$$

D ist in Centimetern ausgedrückt.

Dieser Ausdruck ist demnach der des Gewichts, womit das Ventil belastet werden muß, wenn es sich nicht unter einem Drucke heben soll, der n Atmosphären nicht übersteigt.

Die Durchmesser der Sicherheitsventile sind durch die königl. franz. Verordnung nach der Heizoberfläche der Kessel und nach dem Drucke bestimmt, für welchen sie eingerichtet worden sind. Die Gewichte, mit denen man sie belasten muß, sind alsdann sehr bedeutend; man hat demnach zwei Arten, die Ventile zu belasten, nämlich die directe und die Belastung durch Hebel.

Die erstere Belastung, welche nur dann angewendet wird, wenn der innere Druck zwei Atmosphären nicht übersteigen darf, besteht darin, daß auf dem Kopfe des Ventils ein hinreichendes Gewicht von cylindrischer Form angebracht ist, welcher 4 einander gegenüberstehende Ohren hat, durch welche 4 eiserne Stangen gehen, die dem Gewicht als Leitung dienen, wenn die Ventile sich heben.

Die zweite Art der Belastung besteht in einem mehr oder weniger langen Hebel mit seinem festen Puncte an dem einen Ende und sehr in der Nähe von dem Mittelpuncte des Ventils. An seinem andern Ende ist dieser Hebel mit einem Gewichte belastet, welches zu der directen Belastung im umgekehrten Verhältnisse der Arme steht.

Wenn m den Hebelarm des Gewichts im Verhältnisse zu dem Hebelarme des Ventilkopfes bezeichnet, so hat man zum Ausdrucke dieses Gewichts:

$$\frac{0{,}811\ D^2\ (n - 1)}{m}$$

Die Sicherheitsventile haben sehr kleine ringförmige ebene Sitze, und es sollen dieselben nicht breiter, als $\frac{1}{30}$ von dem innern Durchmesser sein, wenn dieser letztere selbst mehr, als 30 Millimeter beträgt; für Durchmesser unter 30 Millimetern kann die Breite 1 Millimeter betragen. Eine solche Einrichtung hat hauptsächlich den Zweck, die Hebung der Ventile mit der Angabe des Manometers zusammenfallen zu lassen, für welches ihre Gewichte bestimmt worden sind.

Um den Durchmesser der Sicherheitsventile zu bestimmen, nimmt man ein Maximum der Dampfproduction auf das Quadratmeter Heizoberfläche und in der Secunde an; man berechnet ihn alsdann nach dem Durchschnitte der erforderlichen Ausströmung die-

ses Dampfes, unter dem Drucke, für welchen der Kessel bestimmt ist und in derselben Zeit. Es folgt daraus, daß bei gleichen Dimensionen die Dampfkessel um so kleinere Sicherheitsventile haben, je bedeutender der Druck ist, für den sie bestimmt sind.

Indem man auf die angegebene Weise verfuhr, hat man mehrere Formeln erlangt, unter denen auch die folgende ist, welche die königliche Ordonnanz angibt:

$$D = 2,6 \sqrt{\frac{m}{n - 0,412}}$$

In dieser Formel bezeichnet D den Durchmesser der Oeffnung in Centimetern, m die Anzahl der Quadratmeter der Heizoberfläche und n die Anzahl der Atmosphären, nach denen der Druck im Kessel bestimmt wird.

Auf die am Häufigsten vorkommenden Fälle der Heizoberflächen und des Drucks angewendet, ist die folgende Tabelle entstanden.

Tabelle zur Regulirung der Durchmesser der

Heizoberfläche der Kessel.	Anzahl der Atmospären, welche			
	1½ Atmosph.	2 Atmosph.	2½ Atmosph.	3 Atmosph.
Quadratmeter.	Centim.	Centim.	Centim.	Centim.
1	2,493	2,063	1,799	1,616
2	3,525	2,918	2,544	2,286
3	4,317	3,573	3,116	2,799
4	4,985	4,126	3,598	3,232
5	5,574	4,613	4,023	3,614
6	6,106	5,054	4,407	3,958
7	6,595	5,458	4,760	4,276
8	7,050	5,835	5,089	4,571
9	7,478	6,189	5,398	4,848
10	7,882	6,524	5,690	5,110
11	8,267	6,843	5,967	5,360
12	8,635	7,147	6,233	5,598
13	8,987	7,439	6,487	5,827
14	9,325	7,720	6,732	6,047
15	9,654	7,990	6,968	6,259
16	9,970	8,253	7,197	6,464
17	10,277	8,506	7,418	6,663
18	10,575	8,753	7,633	6,841
19	10,865	8,993	7,842	7,044
20	11,147	9,227	8,046	7,227
21	11,423	9,454	8,245	7,389
22	11,691	9,677	8,439	7,580
23	11,954	9,894	8,629	7,750
24	12,211	10,107	8,814	7,917
25	12,463	10,316	8,996	8,080
26	12,710	10,520	9,174	8,240
27	12,952	10,720	9,349	8,397
28	13,190	10,917	9,520	8,551
29	13,423	11,110	9,689	8,703
30	13,653	11,300	9,855	8,851

Oeffnungen von den Sicherheitsventilen.

den Dampfdruck bezeichnen.

3½ Atmosph.	4 Atmosph.	4½ Atmosph.	5 Atmosph.	5½ Atmosph.	6 Atmosph.
Centim.	Centim.	Centim.	Centim.	Centim.	Centim.
1,479	1,372	1,286	1,214	1,152	1,100
2,092	1,941	1,818	1,716	1,630	1,555
2,563	2,377	2,227	2,102	1,996	1,905
2,959	2,745	2,572	2,427	2,305	2,200
3,308	3,069	2,875	2,714	2,578	2,459
3,624	3,362	3,149	2,973	2,823	2,694
3,914	3,631	3,402	3,211	3,045	2,910
4,185	3,882	3,637	3,433	3,260	3,111
4,438	4,117	3,857	3,641	3,458	3,299
4,679	4,340	4,066	3,838	3,645	3,478
4,907	4,552	4,265	4,025	3,823	3,648
5,125	4,754	4,454	4,204	3,993	3,810
5,334	4,949	4,636	4,376	4,156	3,965
5,536	5,138	4,811	4,541	4,312	4,124
5,730	5,316	4,980	4,701	4,464	4,259
5,918	5,490	5,143	4,854	4,610	4,399
6,100	5,659	5,302	5,004	4,752	4,534
6,277	5,823	5,455	5,149	4,890	4,666
6,449	5,982	5,605	5,290	5,024	4,794
6,616	6,138	5,750	5,428	5,154	4,918
6,780	6,289	5,892	5,561	5,282	5,040
6,939	6,437	6,031	5,692	5,406	5,158
7,095	6,582	6,167	5,820	5,527	5,274
7,248	6,723	6,299	5,845	5,646	5,388
7,397	6,862	6,429	6,069	5,763	5,499
7,544	6,998	6,556	6,188	5,877	5,608
7,776	7,132	6,681	6,306	5,989	5,715
7,828	7,262	6,804	6,422	6,099	5,819
7,967	7,391	6,924	6,535	6,207	5,922
8,103	7,517	6,043	7,648	6,313	6,024

Bei den frühern Verordnungen wurde das Gewicht zur Belastung der Ventile untersucht, jedoch nicht gestempelt. Es folgte daraus, daß nach der Untersuchung die Eigenthümer für dieses bestimmte Gewicht irgend ein beliebiges Gewicht substituirten, und es war unmöglich, den Betrug bei den jährlichen Inspectionen zu erkennen, weil man zur Bestimmung des Gewichts, welches ein Ventil belasten soll, seinen Durchmesser ꝛc. messen muß, welches aber nicht geschehen kann, wenn der Kessel im Betriebe ist.

Nach der neuen Verordnung müssen alle Gewichte der Hebel zur Belastung der Sicherheitsventile von dem Regierungsbeamten untersucht und gestempelt werden; es folgt daraus ein bedeutender Nachtheil, der zwar nur momentan sein kann, auf den wir jedoch die Maschinenbauer und Dampfkesselfabricanten auf das Ernstlichste aufmerksam machen, nämlich:

Fast alle Ventile, deren Gewichte und deren Ventilsitzoberflächen regulirt worden sind, heben sich unter einem Drucke, der etwa eine halbe Atmosphäre unter dem steht, für welchen sie belastet worden sind.

Es folgt daraus, daß die Besitzer der Dampfmaschinen, um ihren Druck zu erreichen, die Ventile oft sehr bedeutend belasten, wodurch eher Explosionen veranlaßt werden können, als früher.

Diese fast allgemeine Hebung der Ventile bei einem geringern Drucke rührt ohne Zweifel von der Mangelhaftigkeit der Apparate her. Für theoretische Belastungen bedarf man mathematisch genau gearbeiteter Ventile, dies ist aber ganz und gar nicht der Fall bei den gewöhnlich aus den Maschinenbauwerkstätten hervorgehenden Kesseln. Da bei denselben die Belastung nie gleichmäßig auf die Stütz-

puncte vertheilt ist, so hebt sich das Ventil stets auf der einen Seite eher, als auf der andern.

Diese gleiche Vertheilung der Belastung auf den Unterstützungspuncten ist keine so leichte Sache, als man anzunehmen geneigt ist, und es gibt, unseres Erachtens, nur ein einziges Mittel, dahin zu gelangen, welches nur von wenigen Maschinenbauern angewendet wird. Dieses Mittel besteht in einem kleinen eisernen Stäbchen (Fig. 41, Taf. XIII.), welches in zwei Spitzen endigt, von denen eine in einem hohlen Kegel im Innern des Ventils und das andere in einer kleinen Vertiefung in dem Hebel befindlich ist. Je tiefer das Stäbchen in dem Ventile steckt, um so wahrscheinlicher ist ein gleichartiger Verschluß desselben.

Jedoch genügt die Anwendung des eisernen Stäbchens zwischen den Ventilen und dem Hebel nicht; man muß dahin sehen, daß der Hebel auf solche Weise wirkt, daß das Stäbchen senkrecht steht; denn wenn es eine Neigung hat, so zerfällt die Belastung auf das Ventil in zwei Theile, von denen der eine horizontal und ohne Wirkung und der andere senkrecht, aber geringer, als der zur genauen Hebung erforderliche ist.

Bei einer sorgfältigen Anfertigung und Berücksichtigung aller dieser Erfordernisse genügen die auf diese Weise eingerichteten Sicherheitsventile allen an dieselben zu stellenden Anforderungen; auch sind sie die einzigen, welche ohne Ueberlastung mit den Manometern in Uebereinstimmung stehen. Unglücklicherweise sind sie etwas kostbar, so daß sich nur wenig Gewerbtreibende für ihre Anschaffung entscheiden, welches jedenfalls sehr zu bedauern ist; wir können die Maschinenbauer und Kesselfabricanten nicht genug darauf aufmerksam machen, die größte Sorg-

falt auf die Anfertigung der Sicherheitsventile zu verwenden.

II. Manometer.

Die Manometer sind Apparate, welche zur Messung des innern Dampfdrucks in den Kesseln dienen. Man unterscheidet zweierlei Arten, nämlich geschlossene und offene Manometer.

Die erstern, welche früher ausschließlich zu den Hochdruck-Dampfkesseln angewendet wurden, sind jetzt wegen der wenigen Sorgfalt, mit welcher sie angefertigt waren, als auch deswegen, weil sie leicht in Unordnung gerathen und falsche Angaben machen, gänzlich aufgegeben; wir reden daher nicht weiter von ihnen.

Die zweiten, welche ehemals ausschließlich für Niederdruckkessel angewendet wurden, werden es jetzt für alle Kessel, mag auch der innere Druck sein, welcher er wolle.

Sie bestehen gewöhnlich aus einer langen Glasröhre (Taf. XIII, Fig. 42, 43 und 44), die an beiden Enden offen ist und in einem Gefäß untertaucht, welches durch eine Stopfbüchse geschlossen und mit Quecksilber angefüllt ist. Da der obere Theil dieses Gefäßes mit dem Kessel in Verbindung steht, so erhebt sich das Quecksilber in der Röhre um sovielmal 0,76 Meter über das Niveau in dem Gefäß, als es Atmosphärendruck in dem Kessel gibt.

Diese Manometer, deren Angaben vollkommen genau sind, zeigen bei ihrem Gebrauch einige Nachtheile, wodurch einige bemerkenswerthe Verbesserungen entstanden sind. Unglücklicherweise lassen diese Verbesserungen da etwas zu wünschen übrig, wo die erstern nie mangelhaft sind, woraus folgt, daß diese, Alles berücksichtigt, noch die zweckmäßigsten sind.

Die Mängel der offenen Manometer mit Krystallsäulen sind die folgenden:

1) Es läßt sich nur schwierig davon ablesen, wenn die Maschinenbauer aus Ersparniß eine Röhre von sehr engem Durchmesser nehmen, und wenn sie nicht überall vollkommen durchsichtig sind. Außerdem ist das Quecksilber zuweilen mit Zinn amalgamirt, so daß es an dem Glase hängen bleibt, oder aber, es führt Schmutz mit sich, der durch die Berührung des Wassers mit der äußern Röhre, welche es dem Gefäße zuführt, entstanden ist und im Innern der Röhre einen Schmutz absetzt, so daß man den Quecksilberstand nicht immer deutlich sehen kann.

2) Die Glasröhren sind außerordentlich zerbrechlich.

3) Sie erfordern, besonders bei einem hohen Druck, eine bedeutende Erhöhung der Decke von dem Kesselraum über dem Fußboden, und sehr häufig sind diese Räume nur niedrig.

Zur Vermeidung dieser verschiedenen Mängel hat man die folgenden Abänderungen vorgeschlagen.

Schwimmer-Manometer. Dieses Manometer (Fig. 44) besteht aus einer gänzlich eisernen Röhre, welche so gekrümmt ist, daß sie zwei senkrechte und parallele Schenkel bildet. Das eine Ende correspondirt mit dem Kessel, wogegen das andere offen ist. Auch ist die Röhre bis zu einer hinreichenden Höhe AB mit Quecksilber angefüllt.

Wenn der Dampf auf denjenigen Theil der Säule wirkt, mit welchem er in Verbindung steht, so sinkt das Niveau auf der einen Seite, während es sich auf der andern hebt; es bildet sich auf diese Weise eine Höhendifferenz zwischen den Säulen, welche gleich dem wirklichen Druck ist. Da die Röhre

aus Eisen besteht, so wird die Höhe des Quecksilberstandes in dem offenen Schenkel durch das Gegengewicht eines Schwimmers angegeben, der in der Röhre an dem Ende eines Drahtes aufgehängt ist, welcher über eine Rolle läuft. Diese Rolle muß außerordentlich beweglich sein, damit der Schwimmer den Schwankungen des Quecksilbers genau folgen könne.

Dieses Manometer hat zwei Vortheile, nämlich, daß die Scala der Angaben auf die Hälfte reducirt, und daß die Röhre dem Zerbrechen nicht unterworfen ist. Dennoch ist es durchaus nicht zweckmäßig, indem der Schwimmer häufig hängen bleibt, oder der Draht zerreißt, oder in Unordnung geräth; geht nun etwas Quecksilber verloren, so sind die Angaben falsch; kurz, es gibt der Mängel dieses Manometers gar viele.

2) Das Manometer von Desbordes. Dieses Manometer (Fig. 45) besteht, wie das vorhergehende, aus einer eisernen Röhre, welche unten zu zwei Schenkeln umgebogen ist; es unterscheidet sich dadurch, daß, statt daß beide Schenkel einen gleichen Durchmesser haben, der mit der Luft in Verbindung stehende einen dreimal größern Durchmesser hat, von der Linie des Niveau's ausgehend, der einen gleichen Druck in beiden Schenkeln ausübt.

Es folgt daraus, daß, wenn der Dampfdruck wirkt, das Steigen des Quecksilbers in der stärkern Röhre bei seinem Niedergang in der kleinen im umgekehrten Verhältniß ihrer Durchschnitte steht. Wenn, z. B., die Durchschnitte untereinander wie 1 : 9 stehen, so beträgt die Höhe, um welche das Quecksilber in der weiten Röhre steigt, $\frac{1}{9}$ von der, um welche es in der kleinen fällt; ferner, wenn **H** die Niveaudifferenz ist, **h** und **h'** das Fallen und

das Steigen im Verhältnisse zu dem Nullpuncte der Scala, so hat man:

$$h + h' = H$$

Man hat es schon $h = 9h'$

Man deducirt aus diesen beiden Gleichungen

$$h' = 0{,}1\ H$$

$$h = 0{,}9\ H,$$

d. h., für die Durchmesser in dem Verhältnisse von 1 bis 3 entspricht jede Atmosphäre des Drucks einer Höhe von 76 Millimetern in der weiten Röhre oder dem Zehntel von der gewöhnlichen Scala.

Die große Röhre des Herrn Desbordes besteht aus Glas, wodurch die Umwendung des Schwimmers vermieden wird; sie hat freilich auch den Nachtheil, daß sie, wegen zu großer Nähe der eisernen Röhre, von der das Quecksilber fortwährend Rost ablöſ't, beschmutzt wird; allein man kann die Röhre leicht reinigen.

Dieses Manometer hat gegen das vorhergehende den Vortheil, daß man den Stand des Quecksilbers sehen kann; allein es macht, wie dieses, falsche Angaben, sobald die geringste Quantität Quecksilber verloren geht.

Außerdem muß es, wegen der zwei Durchmesser, nach einem Maße graduirt werden; nun ist aber, unsers Erachtens, ein auf diese Weise graduirtes Manometer nicht besser, als ein geschlossenes, und aus diesem Grunde allein wird es häufig nicht angewendet. Die von dem Erfinder selbst verfertigten Manometer sind freilich richtig graduirt; allein dieß kann sich nicht von den nachgemachten behaupten lassen, wogegen das gewöhnliche offene Manometer mit Glasröhre, selbst bei der geringsten Sorgfalt, stets richtige Angaben macht.

3) Das Manometer von Decoudon. Dieses Manometer (Taf. XIV, Fig. 1 u. 2), welches auf den ersten Anblick auf ein von dem vorhergehenden entgegengesetztes Princip basirt zu sein scheint, ist eigentlich nichts Anderes, als das gewöhnliche Manometer, dessen Angaben durch den Stand des Quecksilbers in dem Gefäße gemacht werden, statt daß es sonst durch das Quecksilber in der Röhre geschieht.

Es besteht aus einer eisernen Röhre, welche in einem ebenfalls eisernen Gefäße steht, das seinerseits mit einer gläsernen Indicatorröhre des Niveau's versehen ist.

Der ringförmige Durchschnitt des Gefäßes, vermehrt um das der Indicatorröhre, beträgt das Neunfache von dem der innern Röhre. Es finden dieselben Resultate, wie bei dem Manometer von Desbordes, statt; jede Atmosphäre des Drucks in dem Kessel entspricht einem Sinken des Niveau's von 76 Millimetern.

Die Einrichtung dieses Manometers ist sehr sinnreich; es gewährt hauptsächlich den großen Vortheil, überall angewendet werden zu können, sei die Dimension des Locals auch welche sie wolle; denn wenn die Decke zu niedrig ist, so reicht ein eingebohrtes Loch hin, um die Röhre hindurchzustecken, ohne daß man weiter um deren Unterstützung besorgt zu sein braucht. Was aber die Genauigkeit der Angaben von den Pressungen anbetrifft, so ist sie nicht viel besser, als die der beiden vorhergehenden Manometer, indem sie nach einem Aichmaße graduirt werden muß.

4) Das Manometer von Richard. Hr. Richard zu Lyon hat auf die sinnreichste Weise das in allen Lehrbüchern der Physik beschriebene Differential-Manometer ausgeführt. Dieses Manometer (Fig.

3 und 4, Taf. XIV.) besteht aus einer eisernen, nach der Spirale gewundenen, Röhre, mit geraden Schenkeln, die gleich und in hinreichender Anzahl vorhanden sind, ohne daß irgend eine Unterbrechung der Continuität stattfindet. Am obern Theil eines jeden Kniees und in der Mitte der Höhe von einem jedem der Schenkel, jedoch nur auf einer Seite, sind zwei Löcher eingebohrt, welche durch kleine Schrauben verschlossen werden können. Die obern Oeffnungen dienen zum Eingießen des Quecksilbers und des Wassers, und die Oeffnungen in der Mitte hindern das Quecksilber, ihr Niveau zu übersteigen.

Wenn die Schenkel sämmtlich bis zur Hälfte mit Quecksilber angefüllt worden sind, so verschließt man die mittlern Oeffnungen und man vollendet die Füllung mit Wasser, worauf man auch die obern Oeffnungen verschließt. Die Angaben dieses Manometers finden in einer Glasröhre statt, welche gleichen Durchmesser mit der äußern Röhre hat und am entgegengesetzten Ende von dem Punkte liegt, an welchem der Dampf einströmt.

Von allen verbesserten Manometern erfordert das vorliegende die Theilung nach einem Aichmaß am Nöthigsten, sowohl wegen der Länge seiner Röhre, dessen Durchmesser nicht überall regelmäßig sein kann, als auch wegen des Gewichts der Wassersäule, welche in entgegengesetzter Richtung des Quecksilbers drückt und, wenn man es berücksichtigt, einen Irrthum von $\frac{1}{13,5}$ von Atmosphäre zu Atmosphäre veranlaßt.

Uebrigens gewähren die Richard'schen Manometer alle Vortheile, welche die Praxis erfordert, sie sind nicht zerbrechlich; sie lassen sich leicht ablesen; sie nehmen wenig Platz ein. Man wendet sie daher auch häufig bei den Locomotiven an.

III. Wasserstandszeiger.

Es gibt dreierlei Arten von Wasserstandszeigern, nämlich: die Schwimmer, die Wassergläser und die Hähne.

Wir sagen nur wenige Worte über diese wohlbekannten Apparate.

Die Schwimmer (Taf. XIV, Fig. 5) haben gewöhnlich Gegengewichte; sie bestehen aus einem Steine, der an einem Kupferdraht aufgehängt ist, der durch eine Stopfbüchse geht, und der an dem einen Ende eines kleinen Balanciers befestigt, während das andere Ende mit einem Gegengewichte versehen ist. Damit der Apparat gut wirke, ist es zweckmäßig, daß das Gleichgewicht zwischen dem Stein und dem Gegengewicht einer Wasserlinie entspreche, welche auf $\frac{3}{4}$ von der Höhe des Steins angebracht ist.

Die Wassergläser oder Wasserstandszeiger im engern Sinne (Fig. 6 und 7, Taf. XIV.) werden bei cylindrischen Kesseln mit zwei Siederöhren nur wenig angewendet, sondern sie sind hauptsächlich zweckmäßig bei solchen Kesseln, deren Vorderseite aus ebenen Flächen besteht, wie die Kessel der Locomotiven und der Dampfschiffe. Man wendet sie auch viel bei den kleinen cylindrisch-senkrechten Kesseln an, deren oberer Theil zu klein ist, um außer den andern Apparaten auch noch mit einem Schwimmer versehen zu sein.

Der Hähne oder Probirhähne gibt es zweierlei Art, nämlich: die Hähne für die Seitenflächen und die für den obern Theil der Kessel.

Die ersteren sind am Häufigsten gewöhnliche Hähne von der in der Figur 8 und 9 dargestellten Form.

In England wendet man dagegen häufig das in den Figg. 10 und 11 dargestellte kleine Ventil an. Bei Locomotiven gebraucht man häufig die Einrichtung der Hähne mit gläserner Indicatorröhre, welche in Fig. 12 dargestellt worden ist.

Die andern Hähne sind ebenfalls gewöhnliche Hähne, entweder mit einander verbunden, oder von einander getrennt und jeder an einer Röhre angebracht, welche auf eine gewisse Länge in den Kessel hinabreicht.

Wenn nur zwei Hähne vorhanden sind, so reicht die eine Röhre bis auf 5 Centimeter (2 Zoll) von dem normalen Wasserstande hinab, während die andere 5 Centimeter unter denselben hinabreicht.

Bei drei Hähnen reicht die dritte Röhre bis zum Wasserstande.

Die Figg. 13 und 14, Taf. XIV., stellen eine Wasserstandsvorrichtung dar, welche aus drei vereinigten Hähnen besteht, und welche sehr zweckmäßig für horizontale cylindrische Kessel ist.

IV. Alarmschwimmer.

Alarmschwimmer nennt man diejenigen Apparate, welche es auf eine sehr laute Weise anzeigen, daß der Wasserstand in dem Kessel den niedrigsten Stand erreicht hat, ohne daß dadurch eine Explosion veranlaßt werden kann.

Im Allgemeinen bestehen diese Schwimmer aus den gewöhnlichen Schwimmern mit Gegengewicht, deren Stopfbüchse durch eine Pfeife ersetzt worden ist. Man hat zweierlei Arten von Lärmschwimmern: solche mit innerem Gegengewichte (Taf. XIII, Fig. 46, 47, 48) und solche mit äußerem (Fig. 49 und 50).

Die ersteren haben das Nachtheilige, daß sie weder leicht regulirt, nachgesehen oder reparirt werden können, indem der ganze Apparat im Innern des Kessels angebracht worden ist; auch überziehen sie sich leicht mit Kesselstein, wodurch sie zuletzt unbrauchbar werden. Die zweite Art dieser Apparate, welche wir zuerst vorgeschlagen haben, bestehen in den gewöhnlichen Schwimmern, bei denen man die Stopfbüchse durch eine Pfeife ersetzt hat; ihre Reparatur ist sehr leicht, und es ist hinreichend, den Fuß auf den Balancier zu setzen, um sich zu überzeugen, daß sie gut wirken; man gibt ihnen daher auch überall den Vorzug.

Vertheiler oder Distributoren.

Es gehören hierher diejenigen Apparate, welche den Zweck haben, eines Theils die Verbindung zwischen dem Kessel und einer von den Flächen des Triebkolbens und andern Theils zwischen der andern Fläche desselben und der Atmosphäre oder dem Condensator herzustellen, jenachdem eine Maschine mit dem letztern versehen ist, oder nicht.

Bei den ersten Dampfmaschinen waren die Distributoren nichts Anderes, als zwei Weghähne, von denen jeder an einer Röhre angebracht worden war, und die einerseits mit dem Cylinder, anderntheils mit dem Kessel oder dem Condensator in Verbindung standen. Für jedes Ende des Kolbenlaufs waren zwei Röhren erforderlich, und deshalb vier Hähne, die zuvörderst mit der Hand und später durch einen Steuerungsapparat bewegt wurden, der an der Maschine angebracht worden war. Später erschien der Vierweghahn von Leupold (Taf. XIV, Fig. 19 bis), welcher für sich allein denselben Zweck erfüllte, als vorher die vier Hähne. Die Figg. 16 und 17,

Taf. XIV, stellen eine Art und Weise der Ausführung dieses Hahnes dar, welche von dem geschickten englischen Maschinenbauer Maudslay herrührt, und die er lange Zeit hindurch bei seinen trefflichen Maschinen angewendet hat.

Der Dampf strömt durch die Röhre **A** herbei und in den Raum **B**; **C** und **D** sind die Einströmungsöffnungen in den Cylinder, wogegen **E** die Ausströmungsöffnung ist. Wenn der Raum **B** mit einer von den beiden Oeffnungen **C** oder **D** in Verbindung steht, so communicirt der andere mit der Ausströmungsöffnung durch den Raum **F**, wie man aus einer nähern Betrachtung der Figur leicht sehen kann.

Das, was die Benutzung der Hähne bei der Dampfvertheilung im Allgemeinen erschwert, ist die Leichtigkeit, mit der sie hängen bleiben und sich abnutzen. Herr Maudslay gab, um den Nachtheil des Hängenbleibens möglichst zu vermindern, dem Kegel eine große Neigung, und statt den Schlüssel gegen das Gehäuse durch eine Scheibe und eine Schraubenmutter anzudrücken, brachte er eine Springfeder **G** an, deren Druck nebst dem des Dampfes hinreichend war, um den Schlüssel in seiner Stellung zu erhalten, ohne daß er hängen zu bleiben Gefahr lief. Obgleich sich diese, wie alle übrigen Hähne, sehr bald abnutzen, so würden sie dennoch jetzt noch in Gebrauch sein, wenn man nicht weit bessere Apparate erfunden hätte.

Die Fig. 18 stellt die Art und Weise der Dampfvertheilung durch Hähne dar, sowie sie lange Zeit hindurch bei den oscillirenden Maschinen des Pariser Maschinenbauers Cavé angewendet worden ist, nicht deshalb, weil sie so sehr zweckmäßig war, sondern weil es große Schwierigkeiten hatte, die Dampfvertheilung bei diesen Maschinen auf eine andere

Weise zu bewirken. Bei dieser Vertheilung strömt der Dampf durch **A** ein und strömt durch **B** und **B'** aus; die Hähne drehen sich und stellen ein jeder wechselsweise die Verbindung zwischen ihrer Oeffnung und dem Kessel her. In der von der Figur angegebenen Stellung der Hähne strömt der Dampf unten ein und oben aus.

Ohne alle Systeme der Distribution kennen zu lernen, welche zu den jetzt vorzugsweise gebräuchlichsten geführt haben, bemerken wir, daß es jetzt drei verschiedene Apparate gibt, welche zur Vertheilung des Dampfes in den Cylindern dienen, nämlich:

Der Muschelschieber, — der Schieber mit Liderung, — das Ventil.

Wir wollen einen jeden von diesen Distributoren kennen zu lernen suchen.

I. Muschelschieber.

Der Muschelschieber ist der beste von allen bestehenden Distributoren; unglücklicherweise kann er nicht bei allen Kräften der Maschinen angewendet werden, indem das, was ihn bei kleinen Maschinen zum Vorzug gereicht, bei großen sein sehr bedeutender Mangel ist, wie wir weiter unten sehen werden.

Dieser Vertheiler (Fig. 19 A), obgleich er von dem Leupold'schen Hahne (Fig. 4 bis) wesentlich verschieden ist, war dennoch die unmittelbare Folge desselben. Um sich davon zu überzeugen, ist die Bemerkung hinreichend, daß, wenn bei diesem letztern **A** die Einströmungsöffnung des Dampfes, **B** die Ausströmungsöffnung, **C** und **D** die Vertheilungsöffnungen in dem Cylinder, man von dem Schlüssel dieses Hahns die beiden Theile, welche zwischen sich den massiven Theil **MN** umfassen, oder auch nur einen von ihnen, nämlich den, welcher **A** und **C**

correspondirt, abzieht, die Vertheilung dennoch regelmäßig bewirkt zu werden fortfährt, und daß man statt eines Schlüssels, der in seinem Gehäuse hängen bleiben kann, nur einen Theil von einem Schlüssel hat, der gegen die Wand dieses Gehäuses durch den Druck, den der Dampf in der Kammer AC ausübt, welche vorher der weggelassene Theil des Schlüssels einnahm, fest angedrückt wird.

Sobald aber der Vertheilungsschlüssel das Gehäuse nicht mehr vollständig ausfüllt, ohne daß deshalb die regelmäßige Dampfvertheilung aufhört, wird es auch unnütz, daß das letztere seine ursprüngliche Form beibehalte, und man kann ihn durch einen Raum von irgend einer Form ersetzen (Fig. 19 ter), von welchen eine Wand cylindrisch und hinreichend groß ist, so daß der Theil des Schlüssels, welcher zur Bewirkung der Vertheilung dient, mit ihr während des ganzen Weges, den er zu durchlaufen hat, in Berührung bleibt. Aus dieser Abänderung erfolgen: 1) eine bedeutende Vergrößerung von dem Halbmesser des Schlüssels; 2) die Näherung der Einströmungs- und Ausströmungsöffnungen.

Noch jetzt gibt es einige Maschinen mit dieser Einrichtung des Vertheilungsapparates; allein die Abrichtung des Schiebers hat solche Schwierigkeiten, daß, ohnerachtet der wesentlichen Vortheile in Beziehung auf die Bewegungsmittheilung, man sie seit langer Zeit nicht mehr anwendet.

Von der Einrichtung der Fig. 19 ter zu der der Fig. 19, d. h. zu einem gewöhnlichen Schieber, gibt es nur einen Schritt; um diese Veränderung vorzunehmen, war es hinreichend, den Halbmesser von dem Leupold'schen Schlüssel dem Unendlichen gleichzumachen, wodurch der cylindrische Theil in einen ebenen verwandelt wurde, und die Bewegung

des Schiebers aus der kreisförmigen in eine geradlinige.

Der Muschelschieber, sowie er jetzt angewendet wird, besteht aus einem länglich-viereckigen Kasten A (Fig. 19), dessen Boden aber und dessen Ränder unten befindlich und hinlänglich breit sind. Diese Ränder sind sehr sorgfältig abgehobelt und ebenso die Oberfläche B des Dampfcylinders, so daß, wenn beide Theile aufeinanderliegen, sie so genau passen, daß nicht die geringste Dampfmenge hindurchdringen kann.

Der Raum C, in welcher der Schieber befindlich ist, heißt die Dampfbüchse oder Dampfkammer.

Sie steht mit dem Kessel durch eine Röhre in Verbindung, die bei D beginnt.

Die Oeffnungen a, b, c in der Platte des Dampfcylinders haben den folgenden Zweck: 1) Die Vertheilungsöffnungen a und b dienen abwechselnd dazu, um eine Verbindung zwischen den Enden des Cylinders entweder mit der Dampfbüchse, oder mit der Ausströmungsöffnung herzustellen; 2) durch die Oeffnung c strömt der Dampf aus, entweder in die freie Luft oder in den Condensator.

Die Vertheilungsöffnungen lassen sich während der Bewegung des Schiebers als Einströmungs- und als Ausströmungsöffnung unterscheiden. Die erstere steht in Beziehung zu der, welche mit der Dampfbüchse in Verbindung steht; die zweite zu der, welche mit der Ausströmungsöffnung communicirt.

Dem Principe nach ist die Bewegung des Schiebers eine solche, daß, wenn der Kolben an dem einen Ende seines Laufs ist, der Schieber sich in der Mitte des seinigen befindet und umgekehrt, woraus folgt, daß, wenn der Kolben das Ende seines Laufs erreicht hat, die Vertheilungsöffnungen geschlossen

sind, während, wenn er sich in der Mitte seines Laufs befindet, die Vertheilungsöffnungen vollständig aufgeschlossen sind, und die eine mit der Dampfbüchse, so wie die andere mit der Ausströmungsöffnung in Verbindung steht.

Man unterscheidet zwei Arten von Muschelschiebern, nämlich solche ohne Expansion und solche mit Expansion.

Die Schieber ohne Expansion sind diejenigen, welche dem aus dem Kessel herbeiströmenden Dampfe gestatten, während des ganzen Kolbenlaufs in den Cylinder einzuströmen.

Die Expansionsschieber dagegen sind diejenigen, welche dem aus dem Kessel kommenden Dampfe gestatten, nur während eines Theils von dem Kolbenlauf in den Cylinder einzuströmen.

Schieber für Dampfmaschinen ohne Expansion. Bei diesen Schiebern ist die Breite der Oeffnungen, die der beiden vollen Theile, welche sie trennen und die der beiden vollen Enden des Schiebers, der Theorie nach untereinander gleich. Außerdem ist die Breite des innern leeren Raums von dem Schieber gleich dem dreifachen obigen.

In der Praxis ist es zuweilen der Fall, daß, um die Vertheilungsöffnungen von den vollen Enden des Schiebers luftdichter verschließen zu können, man die Breite dieser letztern etwas vermehrt. In diesem Falle muß man aber auch die Breite der vollen Theile, welche die Oeffnungen von einander trennen, ebensoviel erhöhen. Der Lauf des Schiebers, welcher ursprünglich gleich zweien Breiten der Oeffnung war, wird alsdann gleich einer und einer Breite des vollen Theils.

Zuweilen erhöht man auch die Breite der Ausströmungsöffnung; in diesem Fall ist die Breite des innern leeren Raums von dem Schieber gleich der dreifachen Breite von einer Vertheilungsöffnung, von

einem massiven Theil und von einer Ausströmungsöffnung.

Da der Raum im Innern des Schiebers stets in Verbindung mit der Luft oder dem Condensator steht, so folgt daraus, daß, wenn er vollkommen dicht auf die Cylinderplatte schließt, er gegen dieselbe eine Reibung ausübt, welche der Differenz des innern und des äußern Drucks, sowie auch des Durchschnitts seiner Aushöhlung, proportional ist. Je stärker nun die Maschinen sind, um so bedeutender muß auch die Aushöhlung des Schiebers sein, so daß es demnach bei Maschinen über 30 Pferdekräfte nicht mehr vortheilhaft ist, diese Vertheiler anzuwenden, indem zu ihrer Bewegung eine zu bedeutende Kraft erforderlich ist.

Wir haben weiter oben bemerkt, daß die Bewegung des Schiebers normal sei, wenn derselbe in dem Augenblick in die Mitte seines Laufs gelangt, in welchem der Kolben die Mitte des seinigen erreicht habe. Es folgt daraus, daß das Ausströmen des schon benutzten Dampfes und das Einströmen des entgegengesetzten stattfinden, ehe der Kolben das Ende seines Laufs erreicht hat.

Diese Modification, welche man das Voraneilen des Schiebers nennt, weil es, um zu dem erwünschten Resultate zu gelangen, hinreichend ist, den Apparat zur Mittheilung der Bewegung des Schiebers dem des Kolbens vorangehen zu lassen, scheint auf den ersten Blick eine Verminderung des Nutzeffectes von dem Dampfe zu veranlassen. Jedoch ist dies durchaus nicht der Fall, indem dadurch offenbar eine Vermehrung des Nutzeffectes erfolgt. Wirklich, wenn der Kolben das Ende seines Laufs erreicht, während zu gleicher Zeit der Schieber in die Mitte des seinigen gelangt ist, so findet das Ausströmen des benutzten Dampfes und das Ein-

strömen des Dampfes in entgegengesetzter Richtung nur erst dann statt, wenn diese beiden Stücke schon einen kleinen Raum durchlaufen haben; da aber in diesem Augenblicke die Ausströmungs- und die Einströmungsöffnungen sehr klein sind, so hat der bereits benutzte Dampf Mühe, auszuströmen, und der frische Mühe, einzuströmen. Es folgt daraus, daß die Verminderung des Drucks einerseits, und die Vermehrung des Drucks andererseits, nur langsam erfolgen, und daß folglich der Kolben eine Zeitlang nur allein gegen den benutzten Dampf zu wirken hat, so daß nur eine gewisse Menge von der vorher geschehenen Leistung absorbirt werden kann.

Gibt man dagegen dem Schieber ein Voraneilen, beginnt das Ausströmen des benutzten Dampfes vor dem Ende seines Laufes, und strömt der frische Dampf am entgegengesetzten Ende nur schwach ein, so sind die Ausströmungs- und die Einströmungsöffnungen bei der vollständigen Vollendung des Laufes geöffnet genug, daß der benutzte Dampf der Kolbenbewegung nicht entgegenwirkt, und daß die Leistung des frisch einströmenden sogleich vom Anfange des Kolbenlaufes stattfindet.

Expansionsschieber.

Man wendet drei Hauptmethoden an, um die Expansion mittelst Schieber zu bewirken, nämlich:

1) Mittelst eines Schiebers.

2) Mittelst zweier Schieber, von denen jeder seinen besondern Kasten hat.

3) Mittelst zweier oder dreier übereinander liegender Schieber.

1) Expansion mittelst eines einzigen Schiebers. In diesem Falle wendet man den ge-

wöhnlichen Schieber an, zu welchem man das hinzufügt, was man Bedeckung nennt.

Die Bedeckung ist eine Erweiterung der Enden von der Schieberoberfläche, die mit der Cylinderplatte in Berührung steht. Diese Erweiterung hat den Zweck, den Verschluß der Einströmungsöffnung zu beschleunigen, ohne die andere in entgegengesetzter Richtung zu öffnen, wie dies durch das Voraneilen allein geschieht.

Die Anwendung der Bedeckung erfordert zwei wesentliche Modificationen in der Anordnung der Dampfvertheilung durch einen gewöhnlichen Schieber, nämlich:

1) Verlängerung des Schieberlaufes.
2) Erweiterung der Ausströmungsöffnung.

Die erstere von diesen Veränderungen rührt daher, daß, wenn der Lauf derselbe bliebe, als vorher, der vollständige Aufschluß der Einströmungsöffnung sich um eine Größe vermindert finden würde, welche gleich der Breite der Bedeckung ist. Um dies zu vermeiden, vermehrt man den Lauf des Schiebers um das Zweifache der Bedeckung eines jeden von seinen Enden.

Die zweite Modification rührt daher, daß in Folge der Vergrößerung des Schieberlaufes, um die Einströmungsöffnung frei zu machen, die vollständige Aufschließung der Ausströmungsöffnung sich ihrerseits um eine Größe vermindert findet, welche gleich der Breite der Bedeckung ist. Um dies zu vermeiden, vergrößert man die Breite dieser Oeffnung wenigstens um einmal der Bedeckung. Es folgt daraus, daß, wenn der Schieber an das Ende seines Laufes gelangt ist, die Vertheilungsöffnungen, wie vorher, vollständig geöffnet sind; 2) daß die Ausströmungsöffnung nur um eine Größe geschlossen ist, welche höch-

stens gleich der Differenz zwischen ihrem Durchmesser und dem der Vertheilungsöffnung ist.

Die Fig. 22bis (Taf. XIV) stellt einen Schieber mit Bedeckung dar.

Das Voraneilen in Verbindung mit der Bedeckung bildet das beste System der Vertheilung mittelst eines einzigen Schiebers. Wirklich verhindert eines Theils die Bedeckung die Ankunft des Gegendampfes, welcher durch das Voraneilen allein am Ende des Laufes auf den Kolben einwirkt; anderntheils gestattet das Voraneilen, daß der benutzte Dampf schon vor dem Ende des Kolbenlaufes ausgeströmt ist, und der frische Dampf auf der entgegengesetzten Seite schon vor Anfang des neuen Laufes eingeströmt, zwei Bedingungen, welche durch die Bedeckung allein nicht erreicht werden können.

Die Figg. 20, 21, 22, 23, 24, 25 sind die drei respectiven Stellungen eines Schiebers, seines Excentricums und der Kurbel mit Bedeckung und Voraneilen um 25 Grad. Es ist dieselbe, welche in Figur 7bis dargestellt worden ist, und sie ist von einer Locomotive der englischen Maschinenbauer Sharp und Roberts entnommen.

Die Figg. 24 und 25 stellen die Kurbel, sowie auch den Kolben am Ende seines Laufes dar; das Voraneilen ist der Bedeckung gleich, indem die äußersten Kanten der folgenden Einströmungsöffnung und des Schiebers zusammenfallen. Fände dieses Voraneilen nicht statt, so würde sich der Schieber in der Stellung Fig. 22 befinden, und das Einströmen würde nicht eher stattfinden, als wenn die Kurbel 25° durchlaufen haben würde, welches dem Einströmen eines plötzlichen Volums von benutztem Dampf entsprechen würde. Wenn man dagegen die Stellung des Schiebers der Fig. 24 als die Mitte des Laufs, ohne Voraneilen des Excentricums, betrachtet, so würde

33*

die Vertheilung in einer Richtung sehr vollkommen, dagegen aber in der andern sehr schlecht erfolgen, vorausgesetzt, daß bei'm Ausströmen und Einströmen eine Verspätung stattfindet; denn die Fig. 24 würde dieselbe für die Kurbel in der entgegengesetzten Stellung von der der Fig. 25 sein.

Man folgert daraus, daß kein wirklicher Vortheil bei der Anwendung der Bedeckung stattfinden kann, sobald man das Voraneilen gibt. Außerdem muß die Bedeckung höchstens dem Voraneilen gleich sein, weil außerdem diese letztere einen Theil ihrer Vortheile verliert.

Ebenso wie es aber, wenn der Schieber keine Bedeckung hat, vortheilhaft ist, Voraneilen zu geben, d. h. ein vorheriges Ausströmen des Dampfes zu gestatten; so ist es auch, wenn der Schieber Bedeckung hat, vortheilhaft, derselben ein Voraneilen zu geben, d. h. das Ausströmen zu vermindern. Diese Thatsache ist aus den interessanten Versuchen hervorgegangen, welche die Herren Flachat und Pétiet an den Locomotiven der St. Germain- und der Versailler-Bahn (rechtes Seineufer) angestellt haben. Diese geschickten Ingenieure haben gefunden, daß der höchste Nutzeffect einem Voraneilen von 25° am Excentricum und bei einer gleichen Bedeckung entspricht, jedoch nicht bei der ganzen, sondern nur bei $\frac{2}{3}$ des entsprechenden linearen Voraneilens bei dem Schieber.

Nun ist es aber zweckmäßig, zu bemerken, daß es in diesen Fällen nicht das Ausströmen ist, welches gewinnt, da es nicht früher und nicht später bewirkt werden kann (Fig. 22); der Verschluß selbst erfolgt viel später, weil die Bedeckung geringer ist; es ist demnach mehr Dampf verbraucht. Das Einströmen in entgegengesetzter Richtung aber erfolgt, ehe der Kolben an das Ende seines Laufes gelangt ist,

weil, wenn die Bedeckung vollständig ist (Fig. 24), das Einströmen nur zu Anfang des Laufes stattfindet.

Es ist demnach der Gegendampf oder vielmehr das vorher erfolgende Einströmen des Dampfes eher vortheilhaft, als nachtheilig. Es folgt dies nicht allein aus den Thatsachen, welche wir bewiesen, sondern auch aus dem, was wir über das verspätete Einströmen bemerkt haben, wodurch ein gewisses Volum Dampf unwirksam wird.

Wir sehen demnach, daß das stufenweise Oeffnen der Schieber nicht ohne Nachtheile ist, weil sie zu einem Nutzeffect führt, welcher bei Gegendampf bedeutender ist, als wenn solcher nicht existirt. Wir kommen auf diesen Gegenstand zurück, wenn wir von der Bewegung der Distributoren reden.

2) Expansion mittelst zweier Schieber, von denen ein jeder seinen besondern Kasten hat. Dieses System, welches lange Zeit hindurch ausschließlich bei den Maschinen des Herrn Saulnier (bei der Pariser Münze) angewendet worden ist, welcher dasselbe erfunden hat (Fig. 27), besteht aus zwei Schiebern, von denen der eine, gewöhnliche, denselben Regeln, wie ein Schieber ohne Expansion, unterworfen ist, wogegen der andere flach ist und nur dazu dient, das Einströmen des Dampfes in den Kasten des erstern zu reguliren.

Es gibt zwei Arten, um das Einströmen des Dampfes mittelst eines flachen Schiebers zu reguliren; das erstere, in der Fig. 12 dargestellte, besteht darin, den Verschluß durch eine der äußersten Kanten des Schiebers zu bewirken; das andere besteht darin, in diesem Schieber eine Oeffnung zu lassen, welche gleich der in dem Kasten ist.

In dem ersten Falle macht der Expansionsschieber zwei Mal die wiederkehrende Bewegung, während sie der andere nur ein einziges Mal macht, indem

er stets bereit sein muß, die Oeffnung des Dampfkastens aufzuschließen, wenn der andere sich auf der Mitte seines Laufes befindet. Der Erfinder hat dieses Resultat dadurch erlangt, daß er die Bewegung der Excentricum-Welle des platten Schiebers durch zwei Zahnräder mittheilte, von denen das eine einen halb so großen Durchmesser hat, als das andere.

Im zweiten Falle kann die Bewegung des Expansionsschiebers dieselbe sein, wie die des Schiebers ohne Expansion, vorausgesetzt, daß die vollen Theile zu beiden Seiten der Schieberöffnung wechselsweise die der Cylinderplatte verschließen.

Bei dem vorliegenden Systeme wechselt der Expansionspunct nach der Stellung des Excentricums in Beziehung auf den Schieber. Da sich demnach in der Figur die Linie der Mittelpuncte des Excentricums senkrecht auf seiner Stange befindet, so findet die Expansion auf der Hälfte des Laufes statt, denn der Expansionsschieber kann erst dann zu derselben Stelle zurückgekommen sein, als wenn das Excentricum eine halbe Umdrehung gemacht haben wird. Nun entspricht aber eine halbe Umdrehung des Excentricums von dem Expansionsschieber einer Viertelumdrehung von dem Excentricum des andern Schiebers, d. h. einem halben Kolbenlaufe. Will man die Expansion auf einen höhern Punct treiben, als auf die Hälfte des Laufes, so läßt man dem kleinen Schieber die Stellung in der Figur, und läßt der Mittelpunctslinie seines Excentricums einen stumpfen Winkel mit der Stange machen. Je größer dieser Winkel ist, desto näher liegen die beiden Momente beieinander, in welchen der kleine Schieber in die Stellung der Figur zurückkommt; endlich bei einem Winkel von 180° oder bei zwei rechten Winkeln bleibt der kleine Schieber fortwährend geschlossen.

Will man dagegen eine geringere Expansion unter der Hälfte des Laufes anwenden, so läßt man die Mittelpunctslinie einen spitzen Winkel mit der Stange machen. Bei einem Winkel von 0° findet keine Expansion statt, indem die Oeffnung stets aufgeschlossen bleibt, oder sich wenigstens nur einen Augenblick schließt.

Alles dies wird auf eine sehr einfache Weise bewirkt; es ist wirklich hinreichend, die Maschine aufzuhalten, wenn der Kolben eins von den Enden seines Laufes erreicht hat, alsdann mittelst einer Stange mit Schraube die Stange des kleinen Schiebers festzuhalten, und wenn dies geschehen ist, die Muttern ihrer Querstange zu lösen und die Stellung des Excentricums zu wechseln, wodurch alles Uebrige mit sich geführt wird, mit Ausnahme des Schiebers. Ist diese Operation geendigt, so zieht man die Schrauben von der Querstange des kleinen Schiebers wieder an und man hat die Expansion verändert. Bei einem solchen Verfahren ist es zweckmäßig, überzeugt zu sein, daß der kleine Schieber sich wirklich an dem Platze befindet, den er einnehmen muß, d. h. an dem, welchen die Figur einnimmt.

Bei dem andern Systeme verändert man die Expansion, wenn man den Lauf des kleinen Schiebers verändert; wir werden weitläuftig davon reden, wenn wir zu den Locomotiven gelangen.

3) Expansion mittelst zweier übereinander liegender Schieber. Dieses Expansionssystem gewährt den Vortheil, daß der Expansionsschieber zwischen dem Dampfkasten und dem Cylinder liegt, welches von dem Volum dieses letztern den Dampf in den Leitungen vermindert, welcher sich bei der vorhergehenden Einrichtung fast als reiner Verlust ausdehnt.

Es besteht dies System aus einem Schieber **A** (Fig. 28), welcher denselben Regeln unterworfen ist, als die Schieber ohne Expansion, welcher aber in zwei Oeffnungen **C D** endigt, welche ihn durchschneiden, und durch welche der in den Cylinder strömende Dampf zu gehen genöthigt ist. Auf diesem Schieber ist eine Platte, welche zur Aufnahme des zweiten Schiebers **D** dient, welches der Expansionsschieber ist, und der zwischen zwei Leitstäben gleitet, welche der Bewegung des Schiebers **A** parallel und folglich bestimmt sind, den abwechselnden Verschluß der Oeffnungen **C** und **D** zu bewirken.

Man unterscheidet zwei hauptsächliche Arten, den Verschluß der Oeffnungen **C** und **D** mittelst des Schiebers **B** zu bewirken. Bei der ersteren (Figur 28, 28^{bis}) begleitet der Schieber **B** den Schieber **A** auf seinem Laufe und wird in einem gewissen Augenblicke von einem Aufhalter **E** aufgehalten. Der Schieber **A** fährt fort, voranzueilen, die Oeffnung geht unter den Schieber **B**, und die Einströmung ist verschlossen. Wenn der Schieber **A** seine Bewegung in entgegengesetzter Richtung wieder annimmt, so geht der Schieber **B**, da er nicht mehr zurückgehalten wird, mit ihm, bis daß er von Neuem durch denselben Aufhalter aufgehalten wird, der gegen die entgegengesetzte Seite wirkt. Da dieser Aufhalter die Form einer Ellipse hat, so wechselt der Punct der Expansion je nach der Stellung, die man jenem ertheilt; je größer der Durchmesser ist, welcher durch den Berührungspunct geht, je höher ist der Expansionspunct, und umgekehrt. Jedoch ist es gut, zu bemerken, daß man durch diese Einrichtung die Expansion nicht unter der Hälfte des Kolbenlaufs ausdehnen kann, weil die Expansionsöffnung verschlossen sein muß, wenn der Schieber **A** an das Ende seines Laufes gelangt, wovon man sich durch Einsicht der Figur leicht über-

zeugen kann. Nun entspricht aber das Ende von dem Laufe des Schiebers **A** der Mitte von dem des Kolbens, ohne Voraneilen.

Bei der zweiten Art (Fig. 29, 30) hat jeder Schieber eine Stange und eine besondere Bewegung. Zur Veränderung der Expansion ist es hinreichend, die relativen Stellungen der excentrischen Scheiben zu verändern, durch welche die Bewegung mitgetheilt wird. Diese Art des Verschlusses der Oeffnungen hat gegen die vorhergehende den Vortheil, die Expansion vom ganzen Lauf an bis zu einem sehr kleinen Bruch desselben zu gestatten.

Wir werden übrigens die Details aller dieser Systeme der Expansion untersuchen, wenn wir die Maschinen der verschiedenen Maschinenbauer beschreiben.

II. Schieber mit Liderung.

Der erste Schieber mit Liderung (Taf. **XIV**, Fig. 31 und 32) wurde von Watt erfunden. Er besteht aus einem Cylinder **A**, welcher im Durchschnitt die Form eines **D** hat, und der sich in einem Dampfkasten zwischen zwei Garnituren von Stopfungen **B** und **C** und einer Platte **D, D′** bewegt, mit welcher er nur durch seine Enden **E E′** in Berührung steht.

Der Dampf strömt durch die Oeffnung des Klappenventils **F** in den Raum **G**, welche sich zwischen den beiden Liderungen **B** und **C** befindet. Da die Einströmungsöffnung **H** und **H′** sind, und die Ausströmungsöffnungen **H″**, so sieht man, daß, wenn der Schieber den obersten Punct seines Laufes erreicht hat (Fig. 31), der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf mittelst der Oeffnung **H** in den Cylinder strömt, und der, welcher schon benutzt worden ist, durch die

Oeffnungen H' und H'' entweicht. Wenn dagegen der Schieber an den untersten Punct seines Laufes gelangt ist (Fig. 32), so strömt der aus dem Kessel kommende Dampf durch die Oeffnung H' in den Cylinder, und der schon benutzte entweicht durch die Oeffnungen H und H'', indem er durch das Innere des beweglichen Cylinders A geht.

Dieser Schieber hat gegen den Muschelschieber den Vortheil, daß er zu seiner Bewegung nur einer sehr geringen Kraft bedarf, indem der Dampfdruck ringsum auf seine Oberfläche überall im Gleichgewicht steht; er hat dagegen aber auch verschiedene Nachtheile, nämlich:

1) Er ist mit Liderungen versehen, wodurch er unzweckmäßiger, als der erstere wird.

2) Die fortwährende Verbindung zwischen seiner innern Oberfläche und dem Condensator, dessen Temperatur höchstens 40° beträgt, strebt, seine Oberfläche und folglich auch den aus dem Kessel kommenden Dampf fortwährend abzukühlen.

3) Wenn die Theile E und E' und die Platte D, D' in der gewöhnlichen Temperatur abgerichtet und aufeinander gepaßt worden sind, so ist es sehr häufig der Fall, daß sich der cylindrische Theil in der Hitze zieht, so daß beide nicht mehr genau aufeinander passen, wodurch ein Dampfverlust entsteht, durch den nicht allein der Brennmaterialverbrauch vermehrt, sondern auch der regelmäßige Gang des Kolbens verhindert wird.

Ohne die Liderung ganz wegzulassen, welche bei den Distributoren dieser Art unerläßlich ist, hat man durch die Anwendung des Schiebers mit Liderung in der Form eines liegenden D, welcher in der Figur 1 der Taf. XIII bei A und B abgebildet worden ist, die beiden ersten Mängel zu vermeiden gesucht.

Dieser Schieber, welcher nur bei einer Vertheilungsöffnung angewendet wird, besteht in einem halben Cylinder, welcher durch einen Scheider **C** in zwei Theile getheilt ist. Dieser Scheider läuft in eine platte Bedeckung **D** aus, welcher zum Verschluß der Oeffnung, wie bei dem vorhergehenden Schieber, dient. Der cylindrische Theil bewegt sich in einer Liderung, welche die Verbindung zwischen Unten und Oben unterbricht. Statt eines einzigen Dampfkastens, wie in dem vorhergehenden Falle, gibt es zwei, welche durch eine Röhre miteinander in Verbindung stehen; eine und dieselbe Stange dient zur Bewegung der beiden Schieber. Uebrigens hat der Dampfdruck keinen Einfluß auf ihre Bewegung, denn da er durch die Oeffnung **E** einströmt, so wirkt er unter dem Schieber **A** und über dem Schieber **B**.

Dieses Schiebersystem wird bei allen Maschinen angewendet, deren Kraft 30 Pferde übersteigt, und bei denen Ventile nicht mit Vortheil angewendet werden können. Es wirkt sehr gut, nur erfordert es eine Liderung, welche, wenn sie in gutem Stande erhalten werden soll, einige Unbequemlichkeit veranlaßt, besonders bei den Schiffs-Dampfmaschinen. Man hat es versucht, bei diesen Apparaten Metallliderungen anzuwenden, allein man hat durch diesen Tausch keine so genügenden Resultate erlangt, als daß er vortheilhaft sein könnte. Jedoch werden einst bei den Dampfmaschinen alle Hauptliderungen gänzlich verschwinden, sobald man nur das Mittel gefunden hat, die Metallliderungen ebenso dauerhaft und ebenso dicht zu machen, als die Hauptliderungen.

III. Ventile.

Die Bewegung der Schieber wird im Allgemeinen durch excentrische Scheiben mitgetheilt, die auf

der Hauptwelle der Maschine angebracht worden sind. Wenn aber die Maschinen den Zweck haben, Pumpen oder Gebläse in Bewegung zu setzen, mit einem Wort, wenn keine Welle dabei erforderlich ist, so müßte man, wenn die Vertheilung durch Schieber und Excentrica bewirkt werden sollte, ganz besonders eine Welle hinzufügen, welche mit allen ihren Nebentheilen versehen wäre, d. h. mit einem Lenker, einer Kurbel und einem Schwungrade. Diese Einrichtung würde nicht allein kostbar sein, sondern sie würde auch andern Maschinentheilen den erforderlichen Platz rauben, und was das Schlimmste ist, sie würde diejenigen Theile, welche oft eine Ruhe an jedem Ende des Laufes erfordern, wie wir dies später sehen werden, zu einer ununterbrochenen Bewegung veranlassen.

Es gibt wohl ein einfaches Mittel, die Schieber auf eine andere Weise zu bewegen, als durch Excentrica, nämlich durch den Apparat, welcher die Ventile in Bewegung setzt; allein obgleich Vorrichtungen dieser Art durchaus nicht unzweckmäßig sind, so wendet man sie doch im Allgemeinen nicht an, sondern die Ventile sind es, welche die Vertheilung des Dampfes bei den nicht rotirenden Maschinen bewirken.

Es gibt im Allgemeinen drei Arten von Ventilen, welche zu dieser Operation angewendet werden, nämlich:

Die platten Ventile.
Die Ventile mit Liderung.
Die Laternen-Ventile.

Die platten Ventile (Taf. XV, Fig. 2), deren Wirkungsweise man aus der Figur ersieht, sind gewöhnliche Ventile (auch Kegelventile genannt); sie haben concentrische Stangen, welche abwechselnd gehoben werden, um nach einander die Vertheilungsöff-

nung A des Cylinders oder die des Kastens B, in den der Dampf aus dem Kessel strömt, oder die des Kastens C, aus welcher der Dampf zu dem Condensator gelangt, aufzuschließen.

Diese Ventile schließen sehr gut und sind auch sehr dauerhaft, weshalb sie auch bei sehr vielen großen Maschinen angewendet werden. Dagegen haben sie einen Nachtheil, der aus ihrer Einrichtung hervorgeht; der Dampf übt nämlich einen Druck auf ihre Oberfläche aus, so daß zu ihrer Bewegung eine gewisse Kraft erforderlich ist.

Bei Niederdruck ist diese Kraft gering; auch sind die Ventile, ohnerachtet dieses Mangels, allen übrigen Obturatoren vorzuziehen. Bei Hochdruckmaschinen dagegen können sie nicht angewendet werden, und es ist daher unerläßlich, irgend eine andere Vorrichtung anzuwenden.

Man verbessert zum Theil die Schwierigkeit der Bewegung dieser Ventile durch Hinzufügung des Kolbens P an der untern Ventilstange und der Verbindungsröhre D zwischen dem Kasten A und dem untern Theile P. Es folgt daraus, daß, da der Druck auf das untere Ventil und den Kolben gleich und entgegenwirkend ist, ein Gleichgewicht stattfindet, so daß die Hebung dieses Ventils fast gar keine Kraft erfordert.

Von den Ventilen mit Liderung (Fig. 3 und 4) und von den Laternen-Ventilen (Fig. 5) haben wir bereits geredet, und fügen nur noch hinzu, daß die letztern, obgleich sie mehr Dampf hindurchgehen lassen, als die erstern, im Allgemeinen vorgezogen werden, theils weil sie gebräuchlicher sind, und theils weil sie nicht die Benutzung einer Liderung erfordern. Das in Fig. 4 abgebildete Ventil ist neu und rührt von uns her; seine practische Brauchbarkeit kennen wir noch nicht, allein es bedarf keiner

Liderung. Die Schieber in der Form eines liegenden **D** sind als Dampfvertheiler jedenfalls den Ventilen vorzuziehen.

Bewegung der Distributoren.

Die Apparate, welche zur Bewegung der Distributoren angewendet werden, sind nothwendig nach der Beschaffenheit dieser Stücke verschieden; jedoch zerfallen sie in zwei Hauptkategorien, nämlich:

1) Bewegung durch excentrische Scheiben;
2) Bewegung durch Hebel.

Da die drei Arten von Distributoren, von denen wir in dem vorhergehenden Capitel geredet haben, sämmtlich eine wiederkehrend geradlinige Bewegung haben, so kann man auf dieselben ohne Unterschied die verschiedenen Systeme der Bewegungsmittheilung, welche zu diesen beiden Kategorien gehören, anwenden. Jedoch verhält sich dies nicht so, indem im Allgemeinen die Bewegungsmittheilung durch excentrische Scheiben ausschließlich bei den Schiebern, und die durch Hebel nur bei den Ventilen angewendet wird.

I. Bewegung durch excentrische Scheiben.

Man wendet entweder das kreisförmige Excentricum **A** (Taf. **XV**, Fig. 6), oder das dreieckige Excentricum (Taf. **XIV**, Fig. 29 und 30), oder endlich ein Excentricum von verschiedenartiger Form (Tafel **XIV**, Fig. 26) an.

Das kreisförmige Excentricum, welches dem Schieber eine continuirliche Bewegung mittheilt und aus diesem Grunde das Oeffnen und den Verschluß der Oeffnungen nur nach und nach bewirkt, wird nichtsdestoweniger am Meisten von Allen ange-

wendet, entweder ohne Expansion, oder mit derselben, da es sich leicht mit den Stücken verbinden läßt, mittelst deren es die Bewegung dem Schieber mittheilt, und weil es außerdem weder einen Stoß, noch ein Geräusch veranlaßt, welches bei den Dampfmaschinen sehr schätzbar ist.

Obgleich das Aufschließen der Oeffnungen durch ein kreisförmiges Excentricum nach und nach erfolgt, so geschieht es doch schnell, wovon man sich durch einen Blick auf die Figg. 20, 21, 22, 23, 24, 25 (Taf. XIV) überzeugen kann. Wirklich sieht man (Fig. 23), daß, wenn das Excentricum auf der Mitte seines Laufes ist, es hinreicht (Fig. 25), um 25° vorwärts zu gehen, während der Schieber schon die Hälfte von dem halben Laufe gemacht hat, den er machen muß, um die Ausströmungsöffnung vollständig aufzuschließen, so daß von 25° bis 155°, d. h. während 130°, die Oeffnung mehr als zur Hälfte aufgeschlossen bleibt. Durch diese vortheilhaften Resultate sind viele Maschinenbauer, welche andere Apparate versucht hatten, immer wieder auf das kreisförmige Excentricum zurückgekommen, dessen Ausführung weit einfacher und weit wohlfeiler ist, als die aller übrigen.

Die Figg. 27, Taf. XIV, und die Fig. 6, Tafel XV, stellen die Reihe der verschiedenen Stücke dar, welche man zur Uebertragung der Bewegung auf den Schieber einer Balancier-Maschine anwenden muß; es ist dies einer von den verwickeltsten Fällen; in den Figuren, 6, 6^{bis} und 7, Taf. XIII, hat man:

A, die excentrische Scheibe, welche auf der Triebwelle der Maschine befestigt ist;

A', das aus zwei Theilen bestehende Schloßband;

B, die Excentrikstange oder den Lenker;
C, den Excentrikhaken;
D, den Excentrikgriff;
E, die Schieberwelle;
F, den Schieberhebel (es gibt deren zwei);
G, den Schieberlenker (es gibt deren zwei);
H, die Querstange des Schiebers;
J, die Stange des Schiebers;
K, den Rahmen des Schiebers;
L, den Hebel an dem Gegengewichte des Schiebers;
M, den Lenker von dem Gegengewichte des Schiebers;
N, Gegengewicht des Schiebers.

Die excentrische Scheibe wird gewöhnlich aus Gußeisen angefertigt und besteht entweder aus einem einzigen Stücke, welches voll oder mit Oeffnungen versehen ist, oder aus zwei Stücken, welche durch Bolzen oder Clavetten miteinander verbunden sind, wie dies stets erforderlich ist, wenn die Tracht einen geringern Durchmesser hat, als alle vor derselben liegenden Stücke.

Das Schloßband besteht gewöhnlich aus Messing oder aus Schmiedeeisen; selten nur wendet man Gußeisen zu diesem Stück an.

Der Excentricumlenker besteht stets aus Schmiedeeisen; es ist entweder eine einfache Stange von Flacheisen (Taf. XIV, Fig. 27, Expansions-Excentricum), oder er besteht aus einer Vereinigung von Flacheisenstäben, welche sich durchkreuzen und durch Niete miteinander verbunden sind (Taf. XV, Fig. 6), damit sie denselben Widerstand darbieten, als eine gleichlange, starke, massive Stange.

Der Excentrikhaken ist entweder einfach, oder zusammengesetzt. Der einfache Haken besteht in einem Einschnitt (Taf. XIV, Fig. 27), der am Ende

seiner Stange angebracht ist; er ist zweckmäßig, wenn die Maschine nur selten angehalten wird und stets in derselben Richtung geht, weil alsdann der Maschinenwärter zu seiner Lösung nur selten Kraft anzuwenden braucht. Der zusammengesetzte Haken (Tafel XV, Fig. 6), welcher bei Bergwerksmaschinen, oder bei denen der Dampfschiffe angewendet wird, d. h. bei solchen, welche die Richtung ihres Ganges sehr häufig verändern, ist so eingerichtet, daß der Maschinenwärter zum Aushängen des Excentricums keine Kraft anzuwenden braucht und die Bewegung der Maschine augenblicklich verändern kann.

Um dies zu bewirken, gibt es mehrere Vorrichtungen; die in Fig. 6 bei C dargestellte ist bei vielen Maschinen angewendet worden. Man hat bei der Zusammensetzung dieses Hakens hauptsächlich die Federn zu vermeiden gesucht. Soll eine Maschine angehalten werden, so stützt sich der Wärter auf den Griff D, und indem er dadurch das Ende der Stange hebt, welche in dem kleinen Haken an dem Griffe ruht, wird es alsdann leicht, den Haken zu verändern oder den Schieber mit der Hand durch den Griff D zu bewegen. Um den Betrieb wiederherzustellen, ist es hinreichend, das Ende des kleinen Hakens in der Nähe des Griffes C mit der Hand zurückzuführen und den Griff D so lange hin und her zu bewegen, bis daß der Knopf sich unter dem Einschnitte des Hakens befindet.

Der Excentricumgriff hat entweder nur einen, oder er hat zwei Knöpfe, je nachdem sich die Maschine nur in einer oder in zwei Richtungen drehen soll. Zwei Knöpfe sind an den Enden der beiden entgegengesetzten Hebelarme angebracht.

Die Hebel und Lenker des Schiebers, sowie auch sein Gegengewicht, sind stets durch Charniere und Bolzen verbunden; ihre Leistungen

sind nicht bedeutend genug, um Bügel und Futter zu erfordern. Der Lenker des Gegengewichts ist gabelförmig, weil er oft über der Röhre hängt, die den Dampf zu dem Cylinder führt.

Die Querstange und Schieberstange bieten nichts Besonderes dar, was wir nicht schon kennten. Der Rahmen **K** besteht aus Schmiedeeisen; man gibt ihm bei Schiebern den Vorzug vor allen übrigen Vorrichtungen, indem er nicht allein sehr dauerhaft ist, sondern auch wegen der Unabhängigkeit, die er dem Schieber gewährt, welcher bei den übrigen Methoden nicht immer in Berührung mit der Cylinderplatte während des ganzen Laufes bleibt.

Das dreieckige Excentricum hat gegen das kreisförmige den Vorzug, daß eine jede von seinen Bewegungen fast augenblicklich bewirkt wird, und daß es bei jeder Veränderung der Lage eine gewisse Zeitlang zu wirken aufhört. Es folgt daraus, daß, auf die Dampfvertheilung angewendet (Taf. XIV, Fig. 29 und 30), es die Vertheilungsöffnung, sowohl zum Einströmen, als auch zum Ausströmen des Dampfes, augenblicklich aufschließt, sie alsdann fast während des ganzen Laufes offen erhält und sie ebenso rasch verschließt, als es sie aufgeschlossen hat. Wegen dieser wichtigen Eigenschaft geben mehrere Maschinenbauer diesem Excentricum den Vorzug, obgleich seine Anwendung mit weit mehr Kosten verbunden ist, als die des kreisförmigen.

Die Figg. 29 und 30, Taf. XIV, stellen eine Anwendung vor, welche der Maschinenbauer Tréfel zu St. Quentin mit diesem Excentricum zur Bewegung zweier übereinander liegender Expansionsschieber gemacht hat. Man erlangt freilich dasselbe Resultat auch mit kreisförmigen Excentriken, allein der Aufschluß und Verschluß erfolgen nicht so rasch. Um den Punct der Expansion zu verändern, ist es bei

diesem sinnreichen Apparate hinreichend, die Stellung des Excentricums von dem kleinen Schieber zu wechseln.

Das Excentricum von veränderlicher Form wird im Allgemeinen zur Bewirkung der Expansion mittelst eines einzigen Schiebers, entweder mit oder ohne Bedeckung, dienen.

Wendet man Bedeckung an, so hat der Schieber 5 verschiedene Stellungen, von denen sich eine drei Mal wiederholt, so daß es im Ganzen 7 sind, nämlich:

Erste Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind geschlossen (Mitte von dem Laufe des Schiebers). (Fig. 16, Taf. XV.)

Zweite Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind aufgeschlossen, die eine zum Einströmen, die andere zum Ausströmen des Dampfes (Figur 17).

Dritte Stellung. Die Einströmungsöffnung ist verschlossen und die Ausströmungsöffnung bleibt geöffnet (Fig. 18).

Vierte Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind verschlossen (Mitte des Schieberlaufes). (Fig. 16.)

Fünfte Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind aufgeschlossen, die erstere zum Ausströmen, die zweite zum Einströmen (Fig. 19).

Sechste Stellung. Die neue Einströmungsöffnung ist verschlossen und die neue Ausströmungsöffnung bleibt aufgeschlossen (Fig. 20).

Siebente Stellung. Die beiden Vertheilungsöffnungen sind verschlossen (Mitte des Schieberlaufes). (Fig. 16.)

Um diesen Bedingungen zu genügen, ist Folgendes erforderlich:

1) Die Breite von den vollen Enden des Schiebers ist gleich dem Zweifachen von der Breite der Vertheilungsöffnung; denn es müssen diese Enden dieselbe Oeffnung in zwei Stellungen des Schiebers bedecken, in welchen die andere abwechselnd verschlossen oder geöffnet ist.

2) Wenn die drei Oeffnungen untereinander gleich sind, so muß die Entfernung zwischen zwei aufeinander folgenden Oeffnungen gleich der Breite von den vollen Enden des Schiebers sein; denn es muß die eine von den Vertheilungsöffnungen mit dem Dampfkasten in Verbindung stehen, während die andere mit der Ausströmungsöffnung communicirt.

3) Die Breite des innern leeren Raumes von dem Schieber muß gleich der Entfernung sein, welche zwischen den beiden Vertheilungsöffnungen vorhanden ist; denn sie müssen eines Theils beide geschlossen sein, andern Theils aber muß, wenn die eine geschlossen ist, die andere geöffnet sein.

Wenn 1 die Breite der Vertheilungsöffnungen darstellt, so hat man:

Breite der Vertheilungsöffnungen	1
Entfernung zwischen den Vertheilungsöffnungen und Breite des innern leeren Raumes von dem Schieber	5
Breite der Ausströmungsöffnung . . .	1 — 3 nach Belieben.
Breite der vollen Enden des Schiebers . .	2

Wenn man keine Bedeckung anwendet, so ist die Platte, in welcher die Oeffnungen befindlich sind, dieselbe, als bei den Schiebern ohne Expansion, die Breite allein des innern leeren Raumes von dem Schieber wechselt, und ist gleich drei Oeffnungen und einem vollen Theil, d. h. gleich 4 Oeffnungsbreiten, indem man annimmt, daß die Breiten der Oeffnun-

gen und der vollen Theile einander gleich sind. In diesem Falle gibt es einen Augenblick, während welchem die beiden Vertheilungsöffnungen gleichzeitig mit der Ausgangsöffnung in Verbindung stehen, welches bei großer Geschwindigkeit ein Vortheil ist.

Dieses angenommen, so läßt sich die Form des Excentricums nach der längern oder kürzern Zeit bestimmen, während welcher man verlangt, daß der Schieber eine von den 5 Hauptstellungen einnimmt, welche wir weiter oben nachgewiesen haben.

Es sei, z. B., A (Fig. 21, Taf. XV) die Triebwelle; wir beschreiben um dieselbe eine erste Peripherie A, deren Halbmesser auf solche Weise bestimmt wird, daß die vorhandene ringförmige Stärke a hinreichend sei, um der Leistung und um dem Festkeilen zu widerstehen.

Wenn der Schieber mit Bedeckung ist, so beschreiben wir, wenn sein Lauf gleich vier Oeffnungsbreiten ist, stets aus dem Mittelpuncte der Welle vier Peripherien b, c, d, e, deren Halbmesser untereinander um die Breite der Oeffnung verschieden sind.

Es sei α der Winkel 1, den das Excentricum vom Anfang des Einströmens bis zu dem Anfang der Expansion zu durchlaufen hat; nehmen wir nun an, daß das Ende der Schieberstange durch einen Punct dargestellt sei, und daß die Drehung in der Richtung des Pfeils erfolge, so entsprechen die verschiedenen Stellungen dieses Punctes den verschiedenen Lagen des Schiebers, und werden auf dem Excentricum durch die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dargestellt.

Sowie es die Figur angibt und sowie es wirklich der Fall sein muß, sind die Stellungen 1, 4, 7 transitorisch und existiren wirklich nur dann, wenn die Maschine im Ruhestande befindlich ist; für die Bewegungen gibt es nur 4 Stellungen, nämlich:

Das Oeffnen des Einströmens und des Ausströmens . . . . 2 oder 5
Das geschlossene Einströmen und das geöffnete Ausströmen . . . . . . 3 oder 6

In der Praxis wird die Figur 6 die Figur 7, in welcher **B** das Ende der Schieberstange, welches fortwährend auf das Excentricum drückt, darstellt; die Winkel sind alsdann abgerundet, um die Hebung von **B** und seinen Uebergang, ohne Stoß, aus einer Stellung in die andere zu gestatten.

Die Maschinenbauer, welche diese Art von Expansion anwenden, haben die Form ihres Excentricums verändert, damit die Durchmesser alle untereinander gleich seien. Der Zweck dieser Abänderung ist der, die Stöße des Schiebers, welche unvermeidlich aus der Anwendung des Excentricums der Figur 22 hervorgehen, zu vermeiden. Wir sind der Meinung, daß diese Veränderungen kein anderes Resultat haben, als die Art und Weise der Wirkung des Apparats minder genau zu machen, und man kann noch von Glück sagen, wenn sie nicht ein Zurückströmen des Dampfes am Ende des Laufes veranlassen.

Andere haben versucht, die Expansion mittelst dieser Excentriken variabel zu machen. Die Fig. 11, Taf. XII, stellt eine Vorrichtung dieser Art dar, bei welcher **A** die Triebwelle, **b** ein Getriebe zur Bewegung des Theils von dem Rade **C** dient, welches auf einem beweglichen Hebebaumen befestigt ist, der zur Veränderung des Einströmungswinkels α (Figur 21) dient.

II. Bewegung durch Hebel oder durch Klinkhaken.

Man wendet entweder Klinkhaken mit Stangen (Taf. XV, Fig. 8), oder Klinkhaken mit Hunden

(Taf. XV, Fig. 23, 24, 25) an. In beiden Fällen wird die Bewegung durch die Luftpumpenstange mitgetheilt, welche wiederkehrend auf Hebel wirkt, welche man die Vertheilungsgriffe nennt. Diese Hebel sitzen an Wellen, welchen sie eine wiederkehrend kreisförmige Bewegung mittheilen, die ihrerseits in eine wiederkehrend geradlinige Bewegung der Vertheiler, mittelst Hebeln, Lenkern und Stangen, umgewandelt wird.

Die Anzahl der Griffe, Hebel oder Arme, welche gleich der der Wellen ist, wechselt nach der Art der Maschinen. Wenn die Maschinen ohne Expansion sind, mögen sie nun einfach oder doppelt wirkend sein, so gibt es immer nur zwei Arme und zwei Wellen oder Achsen. Arbeiten aber die Maschinen mit Expansion, so gibt es ebensoviel Arme und Wellen, als Vertheiler. Bei einfachwirkenden Maschinen gibt es daher drei Arme, und bei doppeltwirkenden vier. Dies rührt daher, daß in diesem Falle der Verschluß und das Oeffnen der verschiedenen Distributoren zu verschiedenen Momenten stattfindet, wie wir es sogleich sehen werden.

Klinkhaken nennt man die Apparate, mittelst denen gewisse Stücke in gewissen Stellungen augenblicklich aufgehängt werden. Es sind dies im Allgemeinen Haken (Taf. XV, Fig. 10), die sich leicht auflösen lassen, und die eine Welle zurückhalten, welche mit einem Hebel versehen ist, und auf die ein bedeutender Gegengewicht einwirkt. Wir wollen diese Apparate speciell kennen lernen.

Klinkhaken mit Stangen.

Es sei H (Taf. XV, Fig. 8) eine gerade Stange, deren unteres Ende mittelst eines Charniers mit einem gußeisernen Fuße, der an der Sohle befestigt,

verbunden ist. Dieser Fuß ist mit einem Hebel versehen, an welchem mittelst eines Gelenkes eine Stange I hängt, welche ein Gegengewicht trägt.

Es seien M, N zwei Wellen, von denen eine jede mit einem Ringe mit entgegengesetztem Haken versehen ist. Diese Welle mit Haken ist in Fig. 10 nach einem größern Maßstabe dargestellt. Gegen dieselben treten zwei Knaggen T, T′, die an der Stange H befestigt sind.

Es seien E, E′ die Hebel oder Arme, und I′, I″ zwei Lenker mit Gegengewichten, die an den Enden der Hebel L, L′ aufgehängt, welche ihrerseits an den Enden der Wellen M und N befestigt sind.

Sowie es die Figur anzeigt, werden der Arm E und der Hebel L durch die Gegengewichte genöthigt, der erstere aufwärts zu steigen, und der zweite zu fallen; sie werden aber durch den Hakenring der Welle M, welcher gegen den Knaggen T der Stange H tritt, in ihrer Stellung erhalten.

Es werde jetzt die Stange F der Luftpumpe gehoben, so stößt der Knaggen G′ gegen den Arm F′ und hebt ihn. Der Haken des Wellringes N entfernt unmerklich den Knaggen T′, und wenn die äußersten Dicken der Haken den Entfernungen der Knaggen von dem Schwingungsmittelpuncte der Stange proportional sind, so lös't sich in demselben Augenblicke, in welchem der Haken N horizontal wird, der Haken M aus, und durch Einwirkung des Gegengewichts I″ beschreibt der Arm E einen Kreisbogen. Während dieser Zeit tritt der Haken N unter den Knaggen T′.

Wenn man umgekehrt die Stange F der Luftpumpe niedergehen läßt, so stößt der Knaggen G gegen den aus seiner Stellung gebrachten Arm E, führt ihn in die Stellung auf der Figur zurück, und der Haken M wirkt auf den Knaggen T auf dieselbe

Weise, wie bei dem vorhergehenden Hube der Haken N auf den Knaggen T gewirkt hatte. Der Arm E' fällt unter dem Einflusse des Gegengewichts I' in die Stellung der Figur zurück u. s. f.

Um dies System der Einklinkung auf die Vertheilung des Dampfes bei einer Dampfmaschine anzuwenden, ist es hinreichend, die Wellen mit den Distributoren in Verbindung zu setzen. Nach dem weiter oben Gesagten arbeitet die Maschine, da sie nur zwei Wellen hat, ohne Expansion.

Nehmen wir an, daß sie doppeltwirkend sei und Ventile habe.

Dem Principe nach besteht die Wirkung der Gegengewichte in der augenblicklichen Oeffnung der Ventile, und das stufenweise Heben der Arme dient zu ihrem Verschlusse.

Demnach muß, weil der Arm E niedergeht, sobald die Luftpumpenstange niedergeht, dadurch das obere Einströmen und das untere Ausströmen in und aus dem Cylinder abgeschlossen werden, indem der Knaggen G auf solche Weise angebracht ist, daß er nur dann nach G' gelangt, wenn der Dampfkolben das Ende seines Laufes erreicht hat. Wenn A und W die Lenker für die Mittheilung der Bewegung auf diese Ventile sind, so wirkt A als Lenker für das untere Ausströmungsventil, B als Lenker des obern Einströmungsventils. Man folgert daraus für die Welle N: C Lenker für das untere Einströmungsventil; D Lenker für das obere Ausströmungsventil.

Die Stellung der Ventillenker ist nicht gleichgültig; man muß den Fall vorhersehen, in welchem die Knaggen G und G' ihre Arme zu weit führen würden. Zu dem Ende berücksichtigt man, daß sich die Lenker an dem Ende ihres Laufes befinden, wenn die Achse des Verbindungs-Charniers mit dem He-

belring der Welle in gerader Linie mit dem Mittelpuncte der Welle und der Charnierachse des entgegengesetzten Endes liegt (man sehe die Figur.) Auf diese Weise kommt es, daß, wenn wirklich die Arme zu weit gehen, eine nochmalige Oeffnung der Ventile durch den Rückgang der Lenker stattfindet, welches nur ein augenblicklicher und leicht zu reparirender Fehler ist, während, wenn es anders wäre, das Uebergewicht der Arme auf die Ringe der Ventile zurückwirken und Brüche veranlassen würde.

Nach der Art und Weise der Einwirkung der Knaggen **G** und **G'** auf die Arme erkennt man schon eine von den Grenzen des Laufs dieser Stücke. Die andere läßt sich auf zweierlei Weise bestimmen, nämlich: 1) Indem man den Fall der Gegengewichte beschränkt; 2) indem man Ringe mit Bügeln **KK** (Figur 8 und 12) anwendet.

Das erstere Verfahren wird, unseres Wissens, gar nicht angewendet; das zweite aber, welches man stets anwendet, erfordert eine größere Grenze für den Lauf des Gegengewichts für den Fall, daß dann einer von den Bügeln bräche. Statt daher die Gegengewichte an dem Ende ihrer Stange frei hängen zu lassen, versieht man sie mit einem Arme und einer Achse, um welche sie senkrechte Schwingungen macht. Diese Vorrichtung hat übrigens den Vortheil, daß sie die Querschwingungen verhindert, welche diese Stücke bei jedem Wechsel der Stellung annehmen müssen, Schwingungen, deren Folge eine sehr baldige Zerstörung der Charniere ist.

Die Fig. 8 stellt nach einem Maßstabe von $\frac{1}{30}$ eine Bewegung der Ventile mit Einklinkung und mit einer Stange für eine doppeltwirkende Maschine ohne Expansion von 300 Pferdekräften dar.

Klinkhaken mit Hunden.

Die Figg. 9, 10 und 11 (Taf. XV) stellen die drei Arten von Hunden dar, mittelst denen man die Hakenringe aufhält. Ein jeder von ihnen ist mit einem Gegengewichte versehen, welches an dem untern Theile von a aufgehängt ist, und welches dazu dient, sie fortwährend in Berührung mit den Ringen zu halten.

Die Figg. 23, 24 und 25 (Taf. XV) stellen, nach einem Maßstabe von $\frac{1}{30}$, eine Ventilbewegung mit Einklinkung durch Hunde dar, welche an einer doppeltwirkenden und mit Expansion arbeitenden Maschine von 300 Pferdekräften angebracht worden ist.

Jedes Ventil hat seine Welle und seinen Arm. Die Art und Weise der Wirkung der Hunde ist genau dieselbe, als die der Stangen; nur die Form der Expansionsarme ist anders; sie ist so, daß die Knaggen, welche sie verdrängt haben, ihren Weg bis zum Ende des Kolbenlaufes fortsetzen können.

Die schraffirten Theile A, B, C, D der Fig. 1 bezeichnen die Stellungen der Hebelringe von den Lenkern A, B, C, D der Ventile, und man hat, wie vorher:

A, Lenker des untern Ausströmungsventils.
B, Lenker des obern Einströmungsventils.
C, Lenker des untern Einströmungsventils.
D, Lenker des obern Ausströmungsventils.
E, E'', Ausströmungsarme.
E', E''', Arme für die Einströmung und für die Expansion.
F, Luftpumpenstange.
G, G', G'', G''', Knaggen der Arme E, E', E'', E'''.

H, H', H'', Hunde.
I, I, Gegengewichte.
K, K, K, K, Ringe mit Bügeln zu Regulirung der Oeffnung der Ventile.

Moderatoren der Dampfvertheilung.

Die Moderatoren sind Apparate, welche den Zweck haben, die Kraft mit den Veränderungen bei dem mittlern Widerstande, oder gegenseitig, in ein richtiges Verhältniß zu bringen.

Zu dem Ende gibt es solche, welche dahin wirken, daß sie die Widerstände vermehren, wenn die Kraft vorherrschend wird; es gibt aber auch dagegen andere, welche die Kraft nach der Größe der Arbeit, welche von dem Widerstande absorbirt worden ist, modificiren.

Die Moderatoren der Dampfmaschinen gehören zu dieser letztern Classe. Der am Häufigsten angewendete ist der Watt'sche Moderator oder Centrifugal-Regulator, welcher aus zwei Stücken besteht, nämlich: aus einem conischen Centrifugal-Pendel (Taf. XV, Fig. 14 und 15) und aus einer Dampfklappe.

Wir entwickeln zuvörderst die Theorie, auf welche dieser Apparat begründet ist.

Es müssen bei dem conischen Pendel zwei Dinge bestimmt werden, nämlich: die Rotations-Geschwindigkeit und das Gewicht der Kugeln.

1) Rotations-Geschwindigkeit.

Es sei C (Fig. 29, Taf. XV) der Scheitel des Kegels, von welchem CD und CE die beweglichen Zeugungslinien sind.

P ist das Gewicht einer jeden von den Kugeln.
F die Centrifugalkraft, welche aus der Rotations-Geschwindigkeit der Kugeln hervorgeht.

Wegen des Gleichgewichts während der Rotation müssen P und F eine Mittelkraft R haben, die nach CE gerichtet ist, in welchem Fall man hat:

$$R = \sqrt{P^2 + F^2}$$

Die beiden ähnlichen Dreiecke CIE und PER geben:

$$P : F = CI : IE = l : r$$

daher: $F = \frac{Pr}{l}$ . . . . (1)

Es sei t die Dauer einer Umdrehung der Kugel, in Secunden ausgedrückt, so ist die Geschwindigkeit dieser Kugel:

$$v = \frac{2\pi r}{t}.$$

Der mechanische Ausdruck für die Centrifugalkraft ist:

$$F = \frac{m v^2}{r};$$

m ist die Masse des Gewichtes P und folglich gleich $\frac{P}{g}$; g ist die Intensität der Schwere = 9,81 m, und π ist gleich 3,1416.

Man folgert daraus die Gleichung:

$$F = \frac{P}{gr} \times \frac{4\pi^2 r^2}{t^2} = \frac{P}{g} \times \frac{4\pi^2 r}{t^2} \quad . \; . \; (2)$$

Vergleicht man diese beiden Gleichungen (1) und (2), so leitet man daraus ab:

$$\frac{Pr}{t} = \frac{P}{g} \times \frac{4\pi^2 r}{t^2},$$

daher: $\frac{1}{l} = \frac{1}{g} \times \frac{4\pi^2}{t^2}$

$$: g t = 4\pi^2 l$$

und $t = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ . . . . (3)

Für das gewöhnliche Pendel hat man

$$t' = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Man folgert daraus, daß

die Umdrehungszeit des conischen Pendels die doppelte von der Zeit einer einfachen Pendelschwingung ist.

Demnach ist die Rotations-Geschwindigkeit des conischen Pendels nicht willkürlich; sie muß für die Ruhe so sein, daß die Kugeln einen Umgang machen, wenn das gewöhnliche Pendel von gleicher Länge zwei Schwingungen macht.

Man kann diese Bedingung entweder practisch oder theoretisch bestimmen.

Practisch dadurch, wenn man die Welle, welche die Bewegung dem conischen Pendel mittheilt, mit einer Rolle von verschiedenen Durchmessern versieht; die, bei welcher sich die Kugeln nicht voneinander entfernen, sondern auf dem Puncte sind, dies während des Betriebes der Maschine zu thun, ist die zweckmäßige.

Theoretisch hat man für ein gewöhnliches Pendel, dessen Länge l ist, verglichen mit einem Secundenpendel mit der Länge **L**, und indem n und **N**

die Anzahl der Schwingungen in derselben Zeit bezeichnet:

$$n : N = \sqrt{L} : \sqrt{l},$$

daher: $n = \frac{N\sqrt{L}}{\sqrt{L}}$.

Und für das conische Pendel: $n' = \frac{N\sqrt{L}}{2\sqrt{l}}$.

Für das Secundenpendel hat man:
L = 0,99384 M.
N = 60 für die Minute.

Man hat demnach für das conische Pendel:

$$n = \frac{60\sqrt{0{,}99384}}{2\sqrt{l}} = \frac{29{,}88}{\sqrt{l}}.$$

Kennt man n', so erhält man l, und umgekehrt.

2) Gewicht der Kugeln.

Wenn v zunimmt, so nimmt F auch zu, die Kugeln gehen auseinander, r wird größer und K steigt. Es sei q der entgegengesetzte Widerstand von dem Muff, der vor dem Puncte K getragen wird, und der das Klappenventil bewegen soll. Man zerlege q in zwei, q' und q'', welche die Richtung von KG und KF haben, und man transportire die Angriffspuncte dieser Kräfte nach F und nach G.

Dort können sie in zwei zerlegt werden, nämlich für q'' eine Senkrechte, mit der Richtung von Fm, und eine andere nach FC gerichtet, welche durch den festen Punct C aufgehoben wird; ebenso für q'.

Da der Winkel mFK gleich dem Winkel qKq'', und da die gerade Linie mq parallel Fq'' ist, so ist

die Figur FmqK ein Parallelogramm; demnach qK = Fm, und man hat:

$$Fm = q.$$

Zerlegen wir Fm = q in zwei andere Parallelen, nämlich:

p in D angreifend;

p' in C angreifend und aufgehoben durch den Widerstand des festen Punctes.

Man hat für p:

$$p : q = FC : FD,$$

daher: $p = q \frac{FC}{FD}$.

p wird demnach zu P gefügt, allein dies hat durchaus keinen Einfluß auf die Masse, welche die Centrifugalkraft hervorbringt.

Die Gleichung (1) wird

$$F' = \frac{(P + p) r}{l},$$

und da man hat: $F' = \frac{m v'^2}{r}$,

so erhält man $\frac{(P + p) r}{l} = \frac{m v'^2}{r}$,

ersetzt man m durch $\frac{P}{g}$, und v'^2 durch $\frac{4 \pi^2 r^2}{t'^2}$,

so kommt:

$$\frac{(P + p) r}{l} = \frac{P}{g} \times \frac{4 \pi^2 r^2}{t'^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

daher: $t = \sqrt{\frac{P}{P + p}} \times 2 \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

Es soll jetzt t' fortgeschafft werden.

Nehmen wir dazu einen Punct T, für welchen man hat $TU = 1$, so kommt:

$$\text{Bogen } TU = 2\pi.$$

Wenn v'' die Geschwindigkeit dieses Punctes ist, so hat man:

$$v'' = \frac{2\pi}{t'}$$

und $v''^2 = \frac{4\pi^2}{t'^2}$,

ersetzt man $\frac{4\pi^2}{t'^2}$ in der Gleichung (4) durch den den Werth v''^2, so erhält man:

$$\frac{P + p}{l} r = \frac{P r}{g} v^2,$$

daher: $P + p = \frac{l P v''^2}{g}$

und $P = \frac{p g}{l v''^2 - g}$

v'' ist die Winkelgeschwindigkeit.

Um v'' zu bestimmen, sei V die wirkliche Geschwindigkeit des Punctes T, und man nehme an:

$$v = \frac{(m + 1) V}{m},$$

wobei m eine gänzlich positive Zahl; man erlangt alsdann für den Ausdruck des Gewichts der Kugeln:

$$P = \frac{p g}{l \frac{(m + 1)^2}{m^2} V^2 - g}.$$

Der Werth von V wird auf folgende Weise bestimmt:

Es sei n' die Anzahl der Umgänge in der Minute, abgeleitet aus der Formel (4), so hat man:

$$V^2 \frac{\pi n}{60} = \frac{\pi n'}{30}.$$

Ersetzt man nun diesen Werth in dem Ausdruck von P durch V, so erhält man endlich:

$$P = p \frac{g}{l \frac{(m+1)^2}{m^2} \frac{\pi^2 n'^2}{900} - g} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

In dieser Gleichung ist Alles bekannt, mit Ausnahme von P.

Es sei z. B.:

$l = 0{,}50$ M.
$p = \frac{2}{3}$ q.
$q = 5$ Kil.
$n' = \frac{29{,}88}{\sqrt{0{,}50}} = 42$ Umgängen.
$g = 9{,}81$
$\pi = 3{,}1416$
$m = 10$

es kommt:

$$P = \frac{2}{3} \times 5 \frac{}{0{,}5 \times \frac{121}{100} \times \frac{(3{,}14)^2 \times (42)^2}{900} - 9{,}81} = 17{,}400 \text{ Kil.}$$

In der Praxis greift man nie zu dieser Formel, um das Gewicht von den Kugeln des conischen Pendels zu bestimmen, nicht allein, weil sie den Maschinenbauern unbekannt ist, sondern auch, weil man die Belastung des Muffs nie genau kennt. Die am Allgemeinsten angewendete Methode besteht darin, hohle Kugeln zu nehmen und soviel Blei hineinzugießen, bis daß die Geschwindigkeitsbeschleunigung auf den Muff wirkt.

Will man sich diesem Probiren nicht unterwerfen und will man es vorziehen, das Gewicht der Kugeln a priori zu bestimmen, so erhält man ein conisches Pendel, welches bald gut, bald schlecht wirkt. Diese Ungewißheit der Resultate in diesem Falle hat Herrn Molinié veranlaßt, das gewöhnliche Pendel durch einen Moderator mit Gebläse zu ersetzen.

Dieser Apparat hat nur einen Fehler, nämlich den, zu kostbar zu sein, indem er übrigens vollkommen gut wirkt. Daß er dauerhaft sei, können wir nicht bestätigen, indem es ein lederner Blasebalg ist, den man soviel, als möglich, von der Wärme entfernt halten muß. Das conische Pendel hat in dieser Beziehung den Vorzug, weil es sich fast gar nicht abnutzt.

Cylinder und Pumpenröhren.

Wir begreifen unter dieser Benennung eine Reihe von Stücken, welche zur Aufnahme eines sich in ihrem Innern bewegenden Kolbens cylindrisch ausgebohrt sind.

Von allen Cylindern und Kolbenröhren ist der Dampfcylinder (Taf. XIV, Fig. 4, 5 und 6) am Schwierigsten auszuführen.

Wenn die Maschinen einen Muschelschieber haben (Taf. XV, Fig. 26 und 27), so ist an dem Dampfcylinder sogleich eine Dampfröhre angegossen.

Wenn die Maschinen einen Schieber mit Liderung haben (Taf. XV, Fig. 1) oder mit Ventilen versehen sind (Fig. 28), so sind diese Dampfleitungsröhren nicht vorhanden; allein alsdann sind es im Allgemeinen die großen Durchmesser und die bedeutenden Höhen der Dampfcylinder, welche ihre Anfertigung erschweren.

Bei den Cylindern mit Muschelschiebern ist es wesentlich, den Leitungen gleiche Durchschnitte mit denen der Oeffnungen zu geben; statt sie zu dem Ende gleich breit und gleich stark zu machen, wie diese letztern, welches sehr schwache Kerne und außerhalb zu viel Platz erfordern würde, gibt man ihnen eine geringere Breite und eine größere Stärke.

Die Leitung zum Ausströmen des Dampfes ist diejenige, welche am Schwierigsten groß genug gemacht werden kann; alsdann nimmt man etwas von der Stärke des Cylinders, welches auch sehr zweckmäßig für die übrigen Leitungen ist, und soviel, als möglich, läßt man den Dampf von zwei Seiten ausströmen (Fig. 27).

Wenn der Cylinder stark genug ausgebohrt worden ist, so daß er dem Anscheine nach keine Blasen mehr hat, so dreht man die äußern Scheiben der Kränze ab, welche den Boden und den Deckel aufnehmen, welche vorher ebenfalls abgedreht worden sind. Diese Einrichtung gewährt nicht allein den Vortheil, daß man, um einen dampfdichten Verschluß zu erlangen, das Blei und den Kitt weglassen kann; sondern sie erleichtert auch das Aufstellen der Maschine, indem die Cylinderachse senkrecht auf den Ebenen der Boden- und Deckelfugen steht.

Wenn die Maschinen eine gewisse Kraft haben, so wendet man häufig M ä n t e l an. Es sind dies gußeiserne Cylinder von größerem Durchmesser, als die der Cylinder, welche sie schützen sollten, so daß zwischen beiden ein hinlänglicher ringförmiger Raum bleibt, so daß Dampf in demselben circuliren kann. Die Figuren 1 und 28 (Taf. XV) stellen zwei Systeme von Mänteln dar, und zwar so deutlich, daß wir sie nicht weiter zu erklären brauchen.

Man hat zwei verschiedene Methoden, um den Cylinder mittelst des in dem Mantel circulirenden

Dampfes warm zu halten. Die bessere, welche aber nicht die allgemein angewendete ist, besteht darin, daß der Dampf sich in dem Mantel aufhält und sich, indem er den Cylinder erwärmt, verdichtet.

Eine andere Methode (Taf. XV, Fig. 1) besteht darin, rings um den Cylinder den Dampf circuliren zu lassen, welcher auf den Kolben wirken soll. Es erfolgt aus dieser Einrichtung, daß ein Theil des Dampfes, der aus dem Kessel in den Mantel gelangt, sich verdichtet, und da er nicht Zeit hat, sich abzusetzen, durch den nicht verdichteten Dampf in den Cylinder geführt wird, wo er sich auf Kosten des Dampfes, der nach ihm wirken soll, erwärmt. Dies Verfahren ist wirklich schädlich, wird aber dennoch häufig genug angewendet.

Eine dritte Methode, die aber nicht viel angewendet worden ist, besteht darin, in dem Mantel den aus dem Cylinder ausströmenden Dampf wirken zu lassen. Es folgt daraus, daß der Dampf durch seine Ausdehnung an Temperatur verliert, und daß man daher die entgegengesetzte Wirkung von der verlangten erreicht, d. h., daß, statt sich der die Triebkraft bildende Dampf erwärmt, er sich abkühlt, und zwar um so bedeutender, wenn die Maschine mit Condensation arbeitet.

Man hat viel über die Anwendung der Mäntel bei den Dampfmaschinen geschrieben. Bald hat man sie verdammt, bald hat man sie in Schutz genommen. Unseres Erachtens ist es sicher, daß, wenn die Mäntel durch besondern Dampf erwärmt werden, sie nothwendig zur Brennmaterialersparung beitragen müssen; allein dies reicht nicht hin, und es ist zweckmäßig, zu dem Mantel mit Dampfcirculation noch einen andern hinzuzufügen, in welchem Luft eingeschlossen ist, oder auch einen hölzernen Mantel, sei derselbe nun mit schlechten Wärmeleitern versehen, oder

nicht. Diese hölzernen Bekleidungen werden bei sehr vielen Dampfmaschinen angewendet.

Kolben.

Die Kolben sind bewegliche Obturatoren im Innern der Cylinder und Pumpenröhren. Sie bestehen aus zwei Haupttheilen, nämlich aus dem Körper und aus der Liderung. Der Körper ist ein Scheider, dessen Umriß fast genau denselben Durchschnitt hat, wie das Innere des Cylinders, in welchem er sich bewegt, und dessen Stärke nach dem Systeme der Liderung, womit er versehen, verschieden ist.

Die Liderung ist eine Vorrichtung, welche im Wesentlichen elastisch und auf dem Umfange des Körpers gleichmäßig vertheilt ist, deren Druck auf die Cylinderwände, in denen sich der Kolben bewegt, hinreichend ist, um die Trennung der beiden unterbrochenen Räume ganz luftdicht zu machen.

Man unterscheidet drei Arten von Kolben, nämlich: Dampfkolben; — Wasserkolben; — Luftkolben.

I. Dampfkolben.

Der Körper der Dampfkolben besteht stets aus Metall, gewöhnlich aus Gußeisen, und ist aus zwei Stücken zusammengesetzt, aus der Büchse und aus dem Deckel.

Die Büchse ist eine Scheibe, welche in der Mitte mit einer Verstärkung versehen, welche hinreichend ist, um eine conische Hülse zu enthalten, welche zur Verbindung des Kolbens mit der Kolbenstange dient. Der Umfang dieser Scheibe hat eine solche Einrichtung, daß er die für ihn bestimmte Liderung aufzunehmen vermag.

Der Deckel ist eine andere Scheibe, welche ebenfalls eine Oeffnung in der Mitte hat, aber mit keiner Verstärkung versehen ist; er hat den Zweck, die Liderung in ihrer Lage festzuhalten.

Die Formen und Dimensionen der Büchsen und der Deckel sind nach den Liderungen verschieden.

Hanfliderungen. In der ersten Periode der Dampfmaschinen, als man ihre Kraft nur bei niederem Druck benutzte, d. h. bei einer Temperatur, welche 122° nie überstieg, bestanden die Liderungen der Kolben aus zusammengeflochtenem Hanf (Taf. XVI, Fig. 1 und 2). In diesem Falle hatte die Büchse eine senkrechte cylindrische Wand, auf welcher die Hanfgeflechte mit einer hinreichenden Dicke gleichförmig vertheilt worden war. Darauf wurde der Deckel, der innerlich mit einem cylindrischen Rande und äußerlich mit einer Rinnleiste versehen war, aufgelegt, so daß, wenn man die Büchse verschloß, die Hanfliderung gegen den äußern Umfang gedrückt wurde und um so wirksamer gegen den Cylinder trat.

Die Verbindung zwischen der Büchse und dem Deckel erfolgte mittelst Schrauben, welche in das Gußeisen eingelassen worden waren, und zwar traten dieselben in Leisten, welche von der Verstärkung in der Mitte nach der cylindrischen Wand liefen.

Diese Kolben, welche man noch jetzt bei vielen Maschinen findet, namentlich bei denen mit niederm Druck, wirken vollkommen gut, wenn der Cylinder gar keine Blasen hat, und wenn die Temperatur des Dampfes nicht sehr hoch ist. Im entgegengesetzten Falle muß man die Liderung oft austauschen, und alsdann ist es zweckmäßiger, zu einem andern Systeme zu greifen.

Gemischte Liderungen. Um den zerstörenden Einfluß der Blasen auf die Hanfliderung zu vermeiden, welche in jeder andern Beziehung genügte,

wendete man Kolben mit einer Liderung an, die aus Hanf bestand, über welchem Ringe von Gußeisen lagen (Fig. 3 und 4). Um in diesem Falle der Liderung eine größere Elasticität zu geben, drehte man die Reife mit einem weit bedeutendern Durchmesser ab, als der ist, den sie in ihrer eigentlichen Lage haben müssen; wenn man sie alsdann auf den vier Flächen abgedreht hat, so zerschneidet man sie in den gehörigen Längen, damit sie in den Cylinder hineinpassen, welches zwei Reife erfordert, da bei einem einzigen der Dampf zwischen den beiden anliegenden Enden hindurchströmen würde.

Man bemerkt in der Figur, daß die Bolzen, statt in das Roheisen eingeschraubt zu sein, wie wir oben bemerkten, von schmiedeeisernen Muttern aufgenommen werden, welche in der Stärke der Büchse eingelassen sind. Diese Einrichtung ist weit zweckmäßiger, da sich das Gußeisen im Allgemeinen nicht gut zu Schraubengewinden eignet. Man bemerkt, daß in der Figur der Deckel mit einer dünnen Scheibe versehen ist, welche in einer Ebene mit den Schraubenköpfen liegt. Gewöhnlich hindert man das Losziehen der Schrauben dadurch, daß man einen kleinen eisernen Reif zwischen dieselben legt, welcher an den Kolbendeckel angeschraubt ist. Wir haben dafür mit Vortheil diese gußeiserne Scheibe angewendet, welche so gelegt werden muß, daß ihre Löcher den Schraubenköpfen entsprechen, und welche außerdem den Vortheil hat, daß sie bei jedem Kolbenzuge eine geringe Dampfsmenge erspart, die in dem andern Falle verloren geht.

Diese gemischen Liderungen sind schon seit längern Jahren in Frankreich und später auch von Stephenson bei seinen Locomotiven angewendet. Jetzt hat man sie überall durch metallene Liderungen ersetzt. Jedoch sind wir der Meinung, daß Fälle

vorkommen, wo sie allen übrigen vorgezogen werden dürfen, sei der Druck, unter welcher die Maschine arbeitet, auch welcher er wolle; es ist dies nämlich dann, wenn die Maschinen an Orten vorhanden sind, wo es an Mechanikern fehlt; denn die Reparatur der Kolben mit Metallliderung ist zuweilen sehr schwierig.

Metallliderungen. Es gibt sehr viel verschiedene Metallliderungen für die Dampfkolben, unter denen sehr gute und sehr mittelmäßige sind, welche aber alle etwas zu wünschen übrig lassen.

Die Figg. 5 und 6 stellen einen Kolben mit Metallliderung dar; dieselbe besteht aus zwei übereinanderliegenden Ringen, von denen ein jeder aus 4 gleichen Segmenten zusammengesetzt ist, welche im Innern gegen Springfedern drücken, von denen sie durch zerschnittene Kreise getrennt sind, welche den Druck gleichförmig vertheilen.

Diese Art der Liderung, welche sehr häufig angewendet wird, hat das Nachtheilige, daß sie sehr leicht beschmutzt wird, wodurch die Wirkung der Springfedern unmerklich zerstört und eine sehr häufige Auswechslung dieser Stücke erfordert wird. Wir müssen jedoch bemerken, daß die Anwendung der innern Kreisstücke sie etwas gegen diese Beschmutzung schützt.

Die Figg. 29 und 30 (Taf. XVI.) stellen eine ähnliche Einrichtung des Kolbens dar, bei welchem die innern Zirkelstücke durch kleine Cylinder ersetzt worden sind; dieselbe sind etwas conisch und wirken direct auf die Fugenflächen der Segmente. Diese ohne Widerrede weit kostbarere Einrichtung, als die vorhergehende, gestattet aber den Federn eine weit directere Einwirkung auf die Segmente, verhindert aber nicht wesentlich die Bildung des Schmutzes,

welcher von dem durch die Fugen dringenden und trocknenden Oele herrührt.

Die Figg. 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 (Taf. XVI.) stellen die Details eines Kolbens mit Keilen vor, dessen hauptsächlichster Vorzug darin besteht, daß nie ein Spielraum zwischen den Fugen der Segmente bleibt. Es folgt aus dieser Einrichtung, daß das Eindringen des Oels viel schwieriger, als bei den vorhergehenden Kolben ist; und da außerdem die convexe Oberfläche der Liderungen ohne Unterbrechung ist, so sind zwei Reihen übereinanderliegender Ringe überflüssig; man wendet daher immer nur eine einzige an.

Der diesem Kolben zu machende Vorwurf besteht darin, daß er nur schwierig zusammenzusetzen ist, indem eine vollkommene Gleichheit zwischen dem innern Cylinderdurchmesser und dem äußern der Liderung stattfinden muß, damit die Dinge, wie wir bemerkt haben, vor sich gehen. Außerdem werden durch die Keile die innern Cylinderoberflächen häufig geritzt, welches ein großer Nachtheil ist, weil alsdann nicht allein der Kolben, sondern auch der Cylinder ausgewechselt werden muß, welches eine langwierige und kostbare Operation ist.

Die Figg. 7 und 8 zeigen ein sehr sinnreiches System von Keilkolben, welches sehr häufig angewendet wird und nicht den Nachtheil hat, den Cylinder zu ritzen. Man muß aber alsdann zwei übereinanderliegende Liderungen haben, von denen eine jede mit einer Feder versehen und zwei concentrischen Ringen mit Keilen zusammengesetzt ist. Diese Ringe haben von der Mitte bis zu den Keilen zunehmende Stärken und wirken die eine auf die andere.

Diese Liderung gewährt vor allen vorhergehenden den Vortheil, nur zwei äußere senkrechte Spalten zu haben, welche in dem vorhergehenden Falle

durch die Keile hermetisch verschlossen sind. Es ist dies ohne Zweifel eine der besten Arten von Liderungen.

Die Figg. 9 und 10 stellen eine Liderung dar, die aus zwei elastischen und concentrischen Ringen besteht, die zu gleicher Zeit als Segmente und als Federn wirken. Wir kennen die Anwendung dieses Systems nicht, sind aber der Meinung, daß, wenn man auch nicht die Beschmutzung durch das Oel befürchtet, sie andererseits nicht gehörig dicht sein können.

Die Figg. 11 und 12 stellen einen Kolben mit ringförmiger Liderung dar, der aus zwei doppelten Reihen übereinanderliegender Segmente besteht, und deren Federn, statt Springfedern zu sein, aus krummen Blättern, ähnlich den Wagenfedern, bestehen. Diese Liderung, welche besonders bei Kolben von großen Durchmessern angewendet wird, ist nicht unzweckmäßig, und kann mit Vortheil den Einrichtungen an die Seite gestellt werden, welche die Figg. 7 und 8 zeigen, welche aber in diesem Falle zu schwer und unzulänglich sein würde.

Die Figg. 39 und 40 stellen den von Sharp und Roberts für die Locomotiven angewendeten Kolben dar.

Die Figg. 41 und 42 zeigen den Kolben, den Stephenson bei seinen Locomotiven anwendet.

Die Figg. 43 und 44 stellen den Kolben dar, welchen Pauwels bei rotirenden Maschinen unter 30 Pferdekräften anwendet.

Es gibt noch sehr viele andere mehr oder weniger sinnreiche Einrichtungen, welche aber im Allgemeinen wenig von den beschriebenen verschieden sind.

II. Wasserkolben.

Es gibt zweierlei Arten von Wasserkolben, nämlich massive und mit Klappen versehene.

Die massiven Kolben zerfallen ihrerseits wieder in zwei Arten, nämlich in solche ohne und in solche mit Liderung.

Die massiven Kolben ohne Liderung, welche man auch Taucher oder Mönche nennt, sind Cylinder, die entweder massiv und mit ihrer Stange durch eine gerade Hülse, oder durch ein Charnier verbunden sind, oder sie sind hohl und mit ihrer Stange ebenfalls durch ein Charnier verbunden (Fig. 45), die sich in einer so eingerichteten Stopfbüchse bewegt, daß die Verbindung zwischen dem Innern des Pumpenkörpers und der äußern Luft unterbrochen wird.

Die massiven Kolben mit Liderung bestehen nur aus einer gußeisernen oder hölzernen Scheibe von einer gewissen Dicke, deren convexe Oberfläche eine Kehle oder Vertiefung zur Aufnahme einer Hanfliderung hat. Diese Scheibe ist, ihrer Achse nach mit einem cylindrischen oder conischen Loche versehen, welches den Zweck hat, den Kopf eines Charniers zur Verbindung mit der Stange oder die Stange selbst aufzunehmen, je nachdem es der Fall erfordert.

Die Klappenkolben werden auf sehr verschiedenartige Weise construirt, je nach der Wichtigkeit der Pumpe, bei welcher sie angewendet werden sollen.

Bei Pumpen, deren Durchmesser nicht mehr als 20 Centimeter (8 Zoll) beträgt, wendet man die in Fig. 18, 19 und 20 (Taf. XVI) dargestellte Einrichtung an, bei welcher der Körper aus Gußeisen, die Liderung aus umgestülptem Leder, welches durch

eine ringförmige Schraube angezogen ist, und die Klappe aus Leder und Blech besteht, welche durch Schrauben miteinander verbunden sind. Man wendet auch die in den Figg. 21, 22, 23 und 24 dargestellte Einrichtung an, bei welcher Körper und Klappenventil aus Metall und die Liderung aus Hanf besteht.

Endlich gebraucht man in den gemeinschaftlichen Pumpen die Einrichtung der Figuren 25, 26, 27, 28, bei welcher der Körper von Holz, die Liderung von Leder, und das Klappenventil aus Leder und Blei bestehen.

Wenn der Durchmesser 20 Centimeter übersteigt, so wendet man zuweilen die in den Figg. 47, 48, 49, 50, 51 im Detail dargestellte Einrichtung an, bei welcher der Körper aus Metall, die Liderung aus zerschnittenem Leder und die Ventile aus Leder und Blech, welche zusammengeschraubt worden sind, bestehen.

Bei den Luftpumpen der Dampfmaschinen benutzt man die Einrichtung, welche in den Figg. 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59 im Detail dargestellt worden ist, bei welcher der Körper und die Ventile aus Metall und die Liderung aus Hanf besteht.

III. Luft- oder Gebläse-Kolben.

Die Figg. 13, 14, 15, 16, 17 stellen die Details eines Kolbensystems dar, welches sehr häufig bei Gebläsecylindern (der atmosphärischen Eisenbahnen) angewendet wird. Es besteht dabei der Körper aus Gußeisen und die Liderung aus Leder, welche (Fig. 15) durch hölzerne Segmente und Schraubenbolzen in ihrer Stellung erhalten wird.

Die Bolzen gehen durch den ganzen Kolben und dienen zur Befestigung beider Liderungen. Statt sie

aus Kopf und Schraubenmutter bestehen zu lassen, wie es gewöhnlich der Fall ist, gibt man ihnen zwei Muttern und versieht sie in ihrer Mitte (Fig. 16 und 17) mit einer kleinen viereckigen Verstärkung, so daß sich der Bolzen in dem Körper nicht drehen kann (siehe a, Fig. 14). Auf diese Weise erfolgt das Zusammenschrauben von beiden Seiten, und wenn die eine Mutter sich losgezogen hat, so bleibt immer noch die andere fest und hält ihren Theil der Liderung an ihrem Platze, welches bei gewöhnlichen Schraubenbolzen nicht der Fall sein würde.

Die Fig. 60 stellt die Einrichtung eines aus Holz und Leder bestehenden Kolbens dar, welches wir für das atmosphärische Eisenbahnsystem vorgeschlagen haben. Dieser Kolben besteht aus einer Reihe von hölzernen Scheiben, von einem etwas geringern Durchmesser, als der der Röhre ist, und diese sind voneinander durch Bänder von Leder getrennt, welche nach Außen zu etwas gestülpt sind. Das Ganze ist durch ein oder zwei Schraubenbolzen verbunden. Es ist diese Einrichtung einfach, leicht und wohlfeil.

Bei Maschinen, die in der Triebröhre eine Luftleere hervorbringen sollen, sind massive Kolben mit Hanfliderung zweckmäßiger, als die Kolben mit Lederliderung, da die Cylinder in Folge der großen Geschwindigkeit, die man den Kolben zuweilen gibt, heiß werden.

Herr Cavé wendet bei seinen Gebläsen einen sehr sinnreich eingerichteten Kolben an, wodurch die Lederliderung unnöthig wird, der vollkommen luftdicht ist, keine Reibung hat, sich nicht erhitzt und keine Unterhaltungskosten veranlaßt.

Dieser Kolben (Fig. 61) besteht aus einem hohlen gußeisernen Kranze, der einen etwa 2 oder 3

Millimeter geringern Durchmesser hat, als der Cylinder, und dessen äußere Oberfläche ringförmige und quadratische Vertiefungen **a**, **b**, **c**, **d** in möglichst großer Anzahl hat.

Wenn nun ein auf diese Weise eingerichteter Kolben, z. B., in die Höhe geht, und die über ihm befindliche Luft zusammenpreßt, so dringt diese Luft zum Theil zwischen die Cylinderwand und die äußere Wand des Kolbens. Nach **a** gelangt, dehnt sie sich gänzlich aus, indem sie die darin enthaltene zusammendrückt, und alsdann verliert sie einestheils einen Theil von der Kraft, wodurch sie eingedrungen ist, welches ihre Bewegung verzögert, und setzt auf der andern Seite derjenigen, welche ihr zu folgen sucht, einen gewissen Widerstand entgegen.

Es folgt daraus, daß die in die Rinne **a** eingedrungene Luft nacheinander auf die Rinnen **b**, **c**, **d** mit einer Kraft zurückwirkt, welche unaufhörlich abnimmt, und die bei einer hinreichenden Anzahl von Rinnen 0 werden kann. Theoretisch genommen muß daher die Anzahl der Rinnen im Verhältniß zu dem Drucke stehen.

Herr Cavé hat diesen Kolben bei sehr vielen Gebläsecylindern angewendet, und namentlich auch bei einem von 3 Meter Durchmesser; er hat mit dieser Einrichtung sorgfältige Versuche angestellt, und die erlangten Resultate stimmen in allen Puncten mit der Theorie überein. Eine wesentliche Bedingung für die Anwendung dieses Kolbens ist eine vollkommene Rundung des Cylinders, eine Bedingung, welche man jetzt mit den senkrechten Bohrmaschinen leicht erreichen kann.

Jedenfalls sind diese Kolben auch bei den atmosphärischen Eisenbahnen sehr zweckmäßig, und wenn sie bei denselben bis jetzt noch nicht angewendet wor-

den sind, so wird es höchst wahrscheinlich geschehen, sobald diese Kolben nur erst näher bekannt werden.

Regulatoren.

Die Regulatoren sind Apparate, welche den Zweck haben, in jedem Augenblick die entgegengesetzten Wirkungen der Kraft und des Widerstandes auszugleichen. Sie unterscheiden sich von den Vertheilungs-Moderatoren dadurch, daß diese letztern den Zweck haben, wenn der mittlere Widerstand bestimmt ist, die Kraft in's Verhältniß mit den Veränderungen zu bringen, welche sich bei diesem Widerstande zeigen, und umgekehrt, während die Regulatoren den Zweck haben, wenn die einmal bestimmten veränderlichen Größen der Kraft und des Widerstandes, welche in jedem Augenblick aufeinander folgen müssen, bestimmt sind, die Verschiedenheiten zwischen diesen variablen Mengen der Kraft und des Widerstandes eines Theils, sowie der Kraft und des mittlern Widerstandes andern Theils nach und nach zu absorbiren und zu restituiren.

Wenn, z. B., ein Motor den Zweck hat, gleichzeitig 20 Webestühle zu bewegen, so wird der Moderator angewendet, wenn einer von diesen Webestühlen außer Betrieb gesetzt wird; es wird dagegen der Regulator angewendet, wenn die Größen der Kraft und des Widerstandes, welche sich in jedem Augenblick entwickeln, nicht constant sind.

Da die Resultate der Moderatoren und der Regulatoren dem Anscheine nach identisch sind, indem sie beide in der Erhaltung der Geschwindigkeit zwischen zwei bestimmten Grenzen bestehen, so verwechselt man häufig die Namen beider Apparate. Jedoch hoffen wir, daß die vergleichende Erklärung, welche

wir hier mitgetheilt haben, hinreichen wird, um unsern Lesern das Gesagte hinlänglich deutlich zu machen.

Nach der Beschaffenheit des zu regulirenden Motors sind die Einrichtungen und Eigenschaften der Regulatoren verschieden. Für die Dampfmaschinen mit Kurbeln sind die einzigen Regulatoren die Schwungräder.

Ein Schwungrad besteht in einer schweren Masse, die gleichförmig an der Peripherie eines Rades vertheilt ist, welches sich auf der Hauptwelle der Maschine, oder auf irgend einer andern Welle befindet, welche mit jener in Verbindung steht. Es wirkt durch seine Trägheit, indem es nach und nach die Verschiedenheiten zwischen der in jedem Augenblick verbrauchten und absorbirten Kraft aufnimmt und wieder ausgibt.

Theorie des Schwungrades.

Es sei o (Fig. 23, Taf. XVII) der Mittelpunct der Kurbel; **oa** ihr Halbmesser und **ab** folglich der Kolbenlauf. Man weiß, daß, wenn **p** die durch die Kolbenstange übertragene Kraft und **q** den Widerstand darstellt, welcher durch die Kurbel, tangentiell auf die von ihrer Warze beschriebene Peripherie darstellt, man für irgend vorhandene Puncte **m** und **m'** 2c. erhält:

1) Für den Punct **m**:
   Moment der Kraft $p \times mc$;
   Moment des Widerstandes $q \times om$.

2) Für den Punct **m'**:
   Moment der Kraft $p \times m'd$;
   Moment des Widerstandes $q \times om'$.

Dies bedeutet, daß das Moment der Kraft von dem Puncte a, wo es gleich o ist, bis zu dem Puncte b, wo es auch wieder o wird, verschieden ist, während das Moment des Widerstandes constant und gleich $q \times r$ ist, indem man durch r den Halbmesser om der Kurbel bezeichnet.

Man weiß außerdem, daß, da p die mittlere Wirkung der Kraft, und q die mittlere Wirkung des Widerstandes ausdrückt, diese beiden Größen durch das Verhältniß untereinander verbunden sind

$$p(ab + ba) = 9 \times 2\pi \times oa,$$

das heißt: $p \times 4r = q \times 2\pi r,$

daher: $q = \frac{2p}{3{,}1416}.$

Nehmen wir an, daß die Kraft und der Widerstand veränderlich oder constant sei, so ist es von geringer Wichtigkeit, daß der Moment der Kraft zwischen o und $p \times r$ schwankt, der der Mitte des Laufes entspricht, und wir folgern daraus, daß es zwei Stellungen der Kurbelwarze gibt, für welche das Moment der Kraft gleich dem des Widerstandes ist. Es seien diese beiden Stellungen m und m', so hat man:

1. $p \times mc = q \times om.$
2. $p' \times m'd = q' \times om.$

Wenn die Kraft und der Widerstand constant sind, $p = p'$, $q = q'$ und $p \times mc = p' \times m'd$, d. h. $mc = m'd$, ein Verhältniß, welches uns in diesem Augenblicke nicht interessirt. Es sei:

v, Rotations-Geschwindigkeit von dem Kranze des Schwungrades, wenn die Kurbelwarze in m steht.

v', Rotations-Geschwindigkeit von dem Kranze des Schwungrades, wenn die Kurbelwarze in m' steht.

P, das Gewicht von dem Schwungrad-Kranze.

R, Halbmesser des Schwungrades an der Peripherie, der geometrischen Stelle der Schwerpuncte von dem Kranze.

g, Intensität der Schwere = 9,81 Meter.

Wenn die Kurbelwarze sich in **m** befindet, so beträgt die lebendige Kraft des Schwungrades:

$$\frac{P}{g} v^2.$$

Ferner, wenn die Kurbelwarze in **m'** befindlich, so ist die lebendige Kraft des Schwungrades:

$$\frac{P}{g} v'^2.$$

Folglich ist die von ihm zwischen den Puncten **m** und **m'** gewonnene lebendige Kraft

$$\frac{P}{g} (v'^2 - v^2) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1)$$

Es sei u die mittlere Geschwindigkeit, d. h. $\frac{2 \pi R m}{60}$, wobei **m** die Anzahl der Umgänge in der Minute bezeichnen, und nehmen wir an:

$$v = u - \frac{u}{n}$$

$$v' = u + \frac{u}{n}.$$

n ist eine positive Größe und größer, als 1.

Ersetzen wir nun v und v' durch den Ausdruck (1), so erhalten wir:

$$\frac{P}{g} \left(u^2 + \frac{2^2}{n} + \frac{u^2}{n^2} - u^2 + \frac{2 u^2}{n} - \frac{u^2}{n^2} \right),$$

und durch Reduction:

$$\frac{P}{g} \times \frac{4 u^2}{n}.$$

Ersetzen wir u^2 durch seinen Werth

$$\frac{4\,\pi^2\,R^2\,m^2}{3600},$$

so erhalten wir endlich:

$$\frac{P}{g} \times \frac{4\,\pi^2\,R^2\,m^2}{n \times 900}.$$

Wenn T m die durch das Schwungrad während des Laufes m m' von der Kurbelwarze absorbirte Arbeit bezeichnet, so hat man, wenn man bemerkt, daß die Arbeit die Hälfte von der entsprechenden lebendigen Kraft ist:

$$T\,m = \frac{2\,P\,\pi^2\,R^2\,m^2}{900\,g\,n}.$$

Substituirt man für π und g ihre Werthe und führt man die Berechnungen aus, so erhält man:

$$T\,m = 0{,}00222\,\frac{P\,R^2\,m^2}{n}\,\ldots\,(2).$$

Kennt man vier von diesen Größen, T m, P, R, m, n, so erhält man die fünfte mittelst dieser Gleichung.

Bei den Dampfmaschinen, wobei R, m und n gewöhnlich gegeben sind, wird T m, wie wir es später sehen werden, in der Zusammensetzung der Theile nach der Art und Weise von der Kraft der Maschine bestimmt; P ist unbekannt, und man hat, wenn man für $\frac{1}{0{,}00222}$ substituirt, seinen Werth 450:

$$P = \frac{450\,n}{R^2\,m^2}\,T\,m\,\ldots\ldots\,(3).$$

Verschiedene Constructionsarten der Schwungräder.

Man unterscheidet der Construction nach verschiedene Arten von Schwungrädern, nämlich:

Die aus einem Stücke bestehenden Schwungräder.

Die aus einigen Stücken bestehenden Schwungräder.

Die aus vielen Stücken zusammengesetzten Schwungräder.

Die erstern werden für Dampfmaschinen angewendet, welche 12 Pferdekräfte nicht übersteigen, eine Kraft, bei welcher sie 3 Meter (9½ Fuß) im Durchmesser haben.

Für Kräfte über 12 Pferde wendet man mit Vortheil Schwungräder an, welche aus 2 bis 3 Stücken bestehen. Diese letztern werden ebenso geformt, als wenn sie aus einem Stücke bestehen, und im Augenblicke des Schlusses von der Form trennt man die Verbindungskerne mittelst Blechplatten, die zu diesem Zwecke angebracht werden.

Diese Schwungräder haben nur geringe Zusammensetzungskosten und gewähren den großen Vortheil, sich leicht transportiren zu lassen.

Die Verbindung der Stücke von dem Kranze geschieht mittelst einer Füllung von Eisen mit zwei Zapfenlöchern. Die Verbindung der Theile von der Nabe geschieht durch zwei Ringe oder Bänder zu beiden Seiten der Arme.

Die aus vielen Stücken zusammengesetzten Schwungräder, deren Theile einzeln gegossen werden, werden hauptsächlich bei großen Maschinen angewendet. Es verursachen diese Schwungräder nicht allein bedeutende Verbindungskosten, sondern sie sind auch darin gefährlich, daß sich die Theile leicht trennen

und sie daher nicht dieselbe Sicherheit darbieten, als die vorhergehenden.

Es besteht bei diesen Schwungrädern der Kranz aus mehreren Stücken; jeder Arm ist entweder für sich, oder mit der Nabe zusammengegossen.

Die Verbindung dieser verschiedenen Stücke untereinander muß so sein, daß

1) der Kranz sich nicht von dem Arme ablösen und Unglücksfälle verursachen kann.

2) Die Verbindung muß so wohlfeil, als möglich, sein.

Die Figg. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (Taf. XVII) stellen ein Schwungrad dar, dessen Kranz aus mehreren Stücken besteht, und die Arme mit der Nabe zusammengegossen. Die Verbindung der Theile des Kranzes besteht, wie die der aus 2 oder 3 Stücken zusammengesetzten Schwungräder, aus einer schmiedeeisernen Ausfüllung mit zwei Zapfenlöchern und mit Schließkeilen.

Die Verbindung der Arme mit dem Kranze geschieht durch einen Schwalbenschwanz, welcher genau abgerichtet, und dessen Verbindung durch Schraubenbolzen bewirkt wird.

Die Fig. 3 stellt eine vordere Ansicht von den Lappen dar, welche an den Armen befindlich sind, und Fig. 4 eine vordere Ansicht von den Lappen an dem Kranze.

Die Figg. 8, 9, 10, 11, 12 stellen mit ihren einzelnen Theilen ein Schwungrad dar, welches von dem vorhergehenden darin verschieden ist, daß der Kranz nur aus zwei Theilen besteht, und auch darin, daß die Nabe und die Arme aus einem Stück gegossen sind und ebenfalls aus zwei Theilen bestehen. Die Verbindung der beiden Theile des Kranzes erfolgt mittelst kleiner Platten, die entgegengesetzte Schwalbenschwänze haben, und mittelst zweier Bol-

zen. Die Verbindung der beiden Theile von der Nabe erfolgt mittelst Keilen, die in das Innere zweier, zu beiden Seiten der Arme befindlicher Bänder eingetrieben werden. Die der Arme mit dem Kranze endlich erfolgt durch Schwalbenschwänze mit Verlängerung der Arme in dem Kranze, um ein Schiefstehen zu vermeiden.

Die Figg. 13, 14, 15, 16, 17 stellen mit seinen Details ein aus vielen Stücken zusammengesetztes Schwungrad dar, dessen Nabe, Arme und Kranz sämmtlich für sich gegossen worden sind. Die Figuren geben die verschiedenen Arten der Verbindung so deutlich an, daß wir sie nicht weiter zu erläutern brauchen. Diese Art von Schwungrädern sind die kostbarsten, jedoch sind sie unglücklicherweise häufig gar nicht zu vermeiden, wenn die Dampfmaschinen eine bedeutendere Größe haben.

Die Figg. 18, 19, 20, 21, 22 stellen mit den gehörigen Details ein Schwungrad dar, welches dem vorhergehenden analog und nur darin verschieden ist, daß die Verbindung mit Aufeinanderplattungen und mit Schraubenbolzen bewirkt worden ist. Dieses System kann offenbar nicht bei sehr starken Maschinen angewendet werden, sondern es ist nur für die Fälle zweckmäßig, wenn Maschinen unter 50 Pferdekräften sehr weit transportirt werden müssen und daher das Gewicht der Stärke möglichst zu vermindern ist.

rechnung in sehr verständlicher Weise erläutert. Sie dürfte daher um so eher Berücksichtigung verdienen, als Abhandlungen über diesen Gegenstand mit gleicher Vollständigkeit und Gründlichkeit im gewöhnlichen Buchhandel bisher gar nicht zu haben waren.

Leo, W., (fürstlich Schwarzburgischer Bergmeister in Könitz), theoretisch-practische Anleitung zum Nivelliren. Ein Lehrbuch f. Baugewerken, Oekonomen, Müller, Militair-Ingenieure, Land-, Straßen- und Forst-Geometer, insonderheit aber für Berg- und Eisenbahnbau. Mit 9 lithograph. Tafeln. gr. 4. 1½ Rthl. oder 2 fl. 42 kr.

Die Zeitschrift für Mechaniker, Bd. II., Heft 2, sagt: „Es gibt freilich mehrere Werke über die Kunst des Nivellirens, allein sie sind im Allgemeinen zu oberflächlich, und es ist unmöglich, daß aus denselben der Lernende von den Arbeiten des Nivellirens einen vollständigen Begriff zu erhalten im Stande ist. Das vorliegende Buch hat seine Aufgabe, als Lehrbuch, vollständig gelös't, und es hat hauptsächlich den Grundsatz festgehalten, jedesmal den Zweck einer jeder besondern Arbeit in der kürzesten Zeit und mit dem wenigsten Kraftaufwande zu erreichen. — Jedenfalls verdient das Werk die größte Empfehlung und stehen wir nicht an, ihm diese auf's Ueberzeugendste hiermit angedeihen zu lassen.“ — Die Zeitschrift für Eisenbahnwesen 2c., Bd. II, Heft 5, empfiehlt das Werk ebenfalls auf das Angelegentlichste.

Ritchie, R., Handbuch des neuesten Eisenbahnwesens, oder practisch-populäre Darstellung der Anlage, Einrichtung und des Betriebes der Eisenbahnen. Mit anderweitiger Benutzung der besten und neuesten vorhandenen Hülfsmittel bearbeitet von D. Carl Hartmann. Mit 10 lithograph. Querfolio-Tafeln. 8. 1½ Rthl. oder 2 fl. 42 kr.

Es fehlt jetzt an einem allgemein verständlichen und practischen Werke über das Eisenbahnwesen, aus welchem sich der angehende Architect oder Maschinist, der Eisenbahnbeamte, der Inhaber von Eisenbahnactien und das größere gebildete Publicum Raths erholen können. Der Bearbeiter

hat als Uebersetzer der Werke über Eisenbahnen und Locomotiven von **Armengaud**, **Wood**, **Flachat** und **Petiet**, als Herausgeber der Zeitung für Eisenbahnwesen, sicher wohl mehr, als viele Andere, den Beruf zu der Herausgabe eines Buches, wie das vorliegende, welches gewiß auch Niemand unbefriedigt aus der Hand legen wird.

Andraud und Tessié du Motay über comprimirte Luft als universelle Triebkraft und unentgeldliches Ersatzmittel der Dampfkraft in ihrer Anwendung auf feststehende Maschinen, auf Locomotion, sowohl bei Eisenbahnen, als gewöhnlichen Landstraßen, auf Schifffahrt, Luftschifffahrt, Landwirthschaft, Vertheidigung der Festungen, auf Bergbau, Bohrversuche, pneumatische Bahnen zur blitzschnellen Beförderung der Briefe ꝛc. Gegenwärtig auf eine höchst sinnreiche Weise für Locomotiven auf der Eisenbahn von Aisnières nach Argenteuil wirklich angewendet von **Andraud**. Zweite mit diesen neuen Fortschritten vermehrte Auflage. Mit 3 lithogr. Tafeln. gr. 8. Geheftet. ⅔ Rthl. oder 1 fl. 12 kr.

Herr Andraud hat seine schon seit 1841 bekannte Erfindung, die Locomotion statt mit Dampf mit comprimirter Luft zu bewerkstelligen, bisher mit unermüdetem Eifer und beharrlicher Ausdauer fortgesetzt, und ist nun endlich zu den außerordentlich wichtigen Resultaten gekommen, die er in dieser zweiten Auflage seiner Schrift einleuchtend und klar öffentlich vorlegt und durch anschauliche Zeichnungen erläutert. Ihm gebührt das große Verdienst, die Locomotiven von erheblichen Mängeln befreit u. sehr wesentlich vervollkommnet zu haben.

Biot, E., über die Anlegung und Ausführung aller Arten von Eisenbahnen, nach den Grundsätzen der Mechanik und den Ergebnissen der Erfahrungen, welche bis auf die neueste Zeit in England, Amerika, Frankreich und Deutschland bei'm Bau der eisernen Schienenwege gesammelt worden sind, nebst ausführlichen Kostenberechnun-

gen. Nach dem Französ. mit Benutzung der besten und neuesten einschlägigen englischen, französischen und deutschen Literatur herausgegeben von **D. Chr. Heinr. Schmidt.** Mit 7 Kupfertafeln. 8. $1\frac{1}{3}$ Rthl. oder 2 fl. 24 kr.

Gersdorf's Repertorium 1835, Nr. 1, sagt: „Das Ganze dieser Schrift ist klar und allgemein verständlich vorgetragen und wird gewiß zur Beseitigung mancher Vorurtheile in Deutschland beitragen."

Jarry (Civilingenieur zu Paris), die Holzbahnen als Stellvertreter der Eisenbahnen mit allen ihren Vortheilen, keinem ihrer Nachtheile und einer Ersparniß von $^3/_5$; oder neues System der Locomotion mit großen Geschwindigkeiten und wohlfeilen Preisen vermittelst vervollkommneter Wagen und Communicationsstraßen, die mit solidarischen Pflasterstücken aus Hirnholz bedeckt und mit granitischem Asphalt überzogen sind. Aus dem Französischen von **D. Ch. H. Schmidt.** gr. 8. geh. $\frac{1}{2}$ Rthl. oder 54 kr.

Das allgemeine Gewerbsblatt von Sachsen 1839, Nr. 42, sagt: „Alle Werke, die sich's zur Aufgabe machen, den größten Feind des Eisenbahnwesens, „die Kostspieligkeit", zu bekämpfen, müssen uns im hohen Grade willkommen sein. Auf diesen Punct zielt vorstehende Schrift, indem der Verfasser mit Asphalt getränkte Holzbahnen vorschlägt, worüber seine Gründe sehr ansprechen. Jedenfalls ist dieser Vorschlag interessant und werth, von Allen, die sich für Verbesserung des Eisenbahnwesens interessiren, gelesen und geprüft zu werden." — Die polytechnische Zeitung 1839, Nr. 40, enthält über diese Schrift einen neun Spalten langen Auszug, und schließt mit der Versicherung, daß sie die größte Beachtung verdiene. — Die Wiener Bauzeitung 1839, Nr. 22, hält die Jarry'sche Erfindung für höchst wichtig und theilt lange Auszüge daraus mit. Sie sagt: „daß dem Verf. für dieses Surrogat, welches er vorschlage, sehr zu danken sei, sowie auch insonderheit dem Herrn Uebersetzer für die beigefügten Belehrungen über die natürliche Beschaffenheit und Behandlung des Erdpechs."

Flachat, E., und J. Petiet, Handbuch für Locomotiven-Führer, enthaltend eine theoretische und practische Anweisung über die Einrichtung, Behandlung und Führung der Locomotiv-Dampfmaschine. Aus dem Französischen von D. Carl Hartmann. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 64 lithogr. Tafeln. 8. $1\frac{5}{6}$ Rthl. oder 3 fl. 18 kr.

Die Berl. literar. Zeitung 1846, Nr. 94, sagt über die zweite Auflage am Schlusse einer längeren Recension: „Das Werk hat zwar nur ein kleines Publicum, aber diesem können wir es auch mit Fug und Recht darbieten, eben weil es vollständig und für den Gebrauch ausreichend ist.“ — Wieck's deutsche Gewerbeztg. 1846, Nr. 100, sagt: „Dieses sehr nützliche Buch ist Jedem zu empfehlen, der sich als Locomotivenführer ausbilden will. Aber auch der practische Locomotivenführer, dem es Ernst ist um Fortbildung in seinem Fach, vermag Vieles aus dem Buche zu lernen, dessen Zeichnungen sehr wacker lithographirt und gedruckt sind.“ — Der Hamb. Correspondent 1847, Nr. 7, sagt: „In der jetzigen Zeit, in welcher die Eisenbahnen in Deutschland mit Recht eine große Rolle spielen, indem man zu der Einsicht gelangt ist, daß solche zur Hebung der Industrie und des Handels unumgänglich nothwendig sind, ganz abgesehen von der Annehmlichkeit des überaus schnellen Personenverkehrs mit allen Staaten, in welcher Tausende von Arbeitern durch dieselben ihre Beschäftigung und ihr Brod finden, ist das Erscheinen vorliegender Arbeit unbedingt eine der Zeit angemessene, höchst willkommene zu nennen; denn im Allgemeinen ist der Mangel an gewerblicher Erziehung der bei den Eisenbahnen Angestellten unverkennbar, und die vielen Unglücksfälle, welche sich leider auf den Eisenbahnen bisher zugetragen haben und noch immer wiederholen, rühren wohl größtentheils von der Unkenntniß, mitunter auch nur von der Nachlässigkeit der Locomotivenführer her. Es ist daher die genaueste Kenntniß mit den Maschinen für solche von höchster Wichtigkeit, denn nur vermöge dieser, verbunden mit der größten Sorgfalt, Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit, kann der Reisende mit unbedingtem Zutrauen diese Communicationen benutzen. — Die vorliegende Instruction zerfällt in vier Abtheilungen: die erste enthält allgemeine Bemerkungen über die Locomotivmaschinen; in der zweiten finden wir die beschreibenden Details derselben und die Wirkungen von deren Theilen; in der

dritten Abtheilung sind die Bemerkungen über die Führung und Wartung der Maschinen vereinigt, und in der vierten lernen wir die verschiedenen Unfälle kennen, welche sich durch dieselben ereignen können. Am Schlusse folgt ein Verzeichniß der englisch-französisch-deutschen Wörter, die sich auf die Locomotiven beziehen rc. —

Verdam, G. J. (Profess. der Mechanik zu Gravenhagen), Grundsätze der angewandten Werkzeugswissenschaft und Mechanik, oder allgemeine Grundregeln, nach welchen alle Gattungen von Werkzeugen und Maschinen nach den Erfordernissen des practischen Betriebes zusammengesetzt und angewandt werden. Ein populäres Hand- und Lehrbuch für ausübende Maschinenbaumeister und Gewerbschulen. Aus dem Holländischen übersetzt von D. Ch. H. Schmidt. In 4 Bänden. Erster Theil. Mit 5 lithographirten Tafeln. 8. 1½ Rthl. oder 2 fl. 42 kr. Zweiter Theil. Mit 12 Tafeln. 3 Rthl. oder 5 fl. 24 kr. Dritter Theil. Mit 4 Tafeln. 2 Rthl. oder 3 fl. 36 kr. Zusammen 6½ Rthl. oder 11 fl. 42 kr.

Gersdorf's Repertorium 1834, I. 2, sagt über den 1. Band: „Es ist zu wünschen, daß der Verfasser die folgenden Bände mit gleicher Umsicht und Deutlichkeit durchführe, wie diesen ersten. Das Ganze ist ohne schwierige Rechnungen mit vielen practischen Beispielen erläutert, für jeden Gewerbtreibenden verständlich, und die Uebersetzung getreu wiedergegeben, weshalb wir es dem Publicum angelegentlichst empfehlen. Druck und Papier sind gut." — Dieselbe Zeitschrift, VI. 2, sagt über den zweiten und dritten Band: „Wir bestätigen auch bei diesen zwei Bänden das früher ausgesprochene günstige Urtheil. Dieses Werk fährt fort, einen sehr reichen Schatz von Erfahrungskenntnissen auf eine Weise mitzutheilen, daß nur an einigen Stellen, wo es unumgänglich nothwendig war, mathematische Formeln angewendet, übrigens aber die Gesetze immer in Form von practischen Regeln allgemein verständlich aufgestellt werden. Die Lithographieen sind sehr gut, die abgebildeten Maschinen deutlich und wegen Angabe der einzelnen Theile instructiv und durchgehends practisch." — Die Nürnberger polytechnische Zeitung nennt

diese Uebersetzung sachreich und ausführlich und empfiehlt das Werk allen Technikern.

Desselben Werkes 4. Theil, 1., 2., 3. und 4. Abtheilung. Auch unter dem Titel: Grundsätze, nach welchen alle Arten von Dampfmaschinen zu beurtheilen und zu erbauen sind. Ein populäres Hand- und Lehrbuch für Maschinenbaumeister, Fabrikbesitzer und Gewerbsschulen. 1. und 2. Abtheilung, enthaltend: allgemeine und besondere Betrachtungen über die mechanische Kraft des Dampfes; Beschreibung verschiedener Arten und Formen von Dampfmaschinen, Berechnung des Kraftvermögens derselben 2c. Mit 12 Tafeln. — 3. und 4. Abtheilung mit 11 Tafeln, den practischen Theil enthaltend, worin vorgetragen wird: die Lehre von den Dimensionen und von den besondern Einrichtungen und Formen der Bestandtheile der Dampfmaschinen. 8. 1. und 2. Abtheilung. $2\frac{1}{2}$ Rthl. od. 4 fl. 30 kr. 3. Abthlg.: $1\frac{3}{4}$ Rthl. oder 3 fl. 9 kr. 4. Abthlg.: $1\frac{1}{4}$ Rthl. oder 2 fl. 15 kr. Zusammen $5\frac{1}{2}$ Rthl. oder 9 fl. 54 kr. — Das Leipziger Magazin der Erfindungen, Bd. 2, Heft 4, sagt: „Unter den über Dampfmaschinen erschienenen Werken ist das vorstehende von Verdam an Inhalt und Form eines der vorzüglichsten. — Auch die allerneuesten Entdeckungen sind darin nicht unberücksichtigt geblieben."

Dieses Werk steht mit dem vorhergehenden in genauer Beziehung und steht demselben an umfassender Behandlung seines Gegenstandes nicht nach. Nach dem Urtheile aller Sachverständigen kann obige Arbeit Verdam's vortrefflich genannt und ihr an faßlichem Vortrag und Gründlichkeit kein anderes deutsches, englisches oder französisches Literaturproduct gleichgestellt werden. Das Buch hat die ehrenvollsten Recensionen erlebt, die in von Gersdorf's Repertorium 1834, I. 2, 1835, VI. 2 und in der Nürnberger polytechnischen Zeitung nachgelesen werden können. Die 1. und 2. Abth. ist jetzt neu aufgelegt, verbessert und vermehrt worden.

Desselben Werkes Ergänzungsband, enthaltend die verschiedenen Arten, die Bewegung vom Treibkolben überzutragen und aus dieser Bewegung diejenige der verschiedenen arbeitenden Theile abzuleiten, sowie auch Regeln zur Bestimmung der Dimensionen oder der sogenannten Stärke der sich bewegenden und die Bewegung vermittelnden Theile der Dampfmaschinen. Nebst einem Sach- und Wortregister über alle 6 Abtheilungen des 4. Theiles. Mit 8 Tafeln. 8. 2½ Rthl. od. 4 fl. 30 kr.

Armengaud (Gebr.), das Eisenbahnwesen oder Abbildungen und Beschreibungen von den vorzüglichsten Dampf-, Munitions-, Transport- und Personenwagen, von Schienen, Stühlen, Drehscheiben, Ausweich- oder Radlenk-Schienen und sonstigen Vorrichtungen und Maschinen, die auf den Eisenbahnen England's, Deutschland's, Frankreich's, Belgien's ꝛc. ꝛc. in Anwendung stehen. Auf Veranlassung des K. Französ. Ministeriums herausgegeben. Sechs Lieferungen, jede zu 8 Planotafeln und 5—7 Bogen Text. In farbigem Umschlag. gr. Folio. Jede Lieferung 2 Rthl. oder 3 fl. 36 kr. Preis des Ganzen 12 Rthl. od. 21 fl. 36 kr.

Das allgemeine Organ für Handel und Gewerbe 1839, Nr. 105, sagt: „Wir haben die erste Lieferung dieses nützlichen Werkes vor uns und freuen uns, dasselbe mit voller Ueberzeugung empfehlen zu können. Die Zeichnungen sind sehr schön und deutlich gearbeitet und keine Details ausgelassen, so daß jeder Maschinenbaumeister darnach arbeiten kann. — Jeder Ingenieur und Maschinenbaumeister kann daraus die Locomotive genau kennen lernen, so daß er bei Reparaturen im Stande sein wird, gleich selbst abzuhelfen oder das Nöthige anzuordnen. Dieses gründliche und anschauliche Werk muß allen Locomotiv-Werkstätten im höchsten Grade willkommen sein, und verdienstlich ist's von dem Herrn Verleger, dasselbe gleich in so schöner Ausstattung auf deutschen Boden

verpflanzt zu haben." — Das Gewerbsblatt für Sachsen, 1839, Nr. 48, sagt: „Eine genauere Zeichnung uud deutlichere Beschreibung eines Dampfwagens ist noch nirgends erschienen, und wir sind überzeugt, daß jeder Maschinenbauer, der nur einigermaßen in dem Fache zu Hause ist, im Stande sein wird, nach derselben eine wirkliche Maschine auszuführen. Dieses Werk ist aber auch ganz besonders nützlich für alle Mechaniker, die mit der großen Welterscheinung der Eisenbahnen nur einigermaßen in Beziehung stehen. Wenn die folgenden Lieferungen mit derselben Ausführlichkelt behandelt werden: so wünschen wir dem constructiven Maschinenbau in Deutschland Glück, daß er seine Bibliothek mit einem Werke zu bereichern vermag, wie es davon wenige im Maschinenbauwesen gibt." — Auch die polytechnische Zeitung, 1840, Nr. 5, empfiehlt dieses von ihr mit dem Namen eines Prachtwerks beehrte Unternehmen. — Die Wiener Bauzeitung, 1839, Nr. 27, sagt über die erste Lieferung: „Alles, was wir in Deutschland über die Construction der Dampfwagen besaßen, war nichts als Stückwerk und beschränkte sich auf die Darstellung einzelner Theile dieser Maschine, bis endlich vorstehendes Werk eine Arbeit lieferte, welche nicht blos Locomotiven und alle übrigen mit dem Eisenbahnwesen verwandten Gegenstände in ganz vorzüglichen Zeichnungen auf das Genaueste darstellt, sondern ihnen auch einen höchst lehrreichen, erläuternden Text beigibt. Das Unternehmen einer Verdeutschung dieses Werkes ist gewiß höchst verdienstlich, da die Art und Weise der Ausführung als höchst gelungen empfohlen werden muß, besonders auch in Rücksicht auf den äußerst billigen Preis. Was die Uebersetzung betrifft, so sieht man es derselben auf den ersten Blick an, daß sie aus der Hand eines sehr gewandten Technikers hervorgegangen sei, der mit der Sache selbst auf das Innigste vertraut ist, denn sie ist deutlich und die fremden Kunstausdrücke sind mit großer Gewandtheit und Präcision wiedergegeben." — Von der dritten Lieferung sagt Nr. 39 der Wiener Bauzeitung, 1840: „Die Verpflanzung dieses classischen Werks auf deutschen Boden mit so vortrefflicher Ausstattung von Seiten des Herrn Verlegers verdient bei der Wichtigkeit des Eisenbahnwesens für unsere Zeit alle Beachtung. Die Lithographie des Herrn Voigt hat hier geleistet, was zu leisten nur immer möglich ist. Nur dadurch wird das Original durch die treffliche Copie ganz ersetzt, ja letztere erhält sogar durch sehr richtige und vermehrte Uebertragung des Textes und durch den weit geringern Preis den Vorzug."